



**HAL**  
open science

## Assistance technique pour l'optimisation des performances thermiques et énergétiques : le cas de la médiathèque du Tampon

François Garde, Franck Lucas, Harry Boyer, Laetitia Adelard, Alain Bastide

### ► To cite this version:

François Garde, Franck Lucas, Harry Boyer, Laetitia Adelard, Alain Bastide. Assistance technique pour l'optimisation des performances thermiques et énergétiques : le cas de la médiathèque du Tampon. 2012. hal-00809851

**HAL Id: hal-00809851**

**<https://hal.science/hal-00809851>**

Submitted on 10 Apr 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Université de La Réunion  
I.U.T de Saint-Pierre  
Département Génie Civil

juillet 2002

---

Assistance technique pour l'optimisation des  
performances thermiques et énergétiques



# Médiathèque Tampon

# Rapport final

Garde F., Lucas F., Boyer H., Adelard L., Bastide A.

Juillet 2002

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Remarques sur la conception thermique et aéraulique du bâtiment – Projet initial en phase APD .....</b>	<b>5</b>
2.1	Toiture.....	5
2.1.1	Types de toiture envisagée dans le projet initial Phase APD.....	5
2.1.2	Commentaires sur l'isolation thermique.....	5
2.2	Constitution des murs.....	6
2.2.1	Projet initial.....	6
2.2.2	Commentaires sur les murs.....	6
2.3	Protection solaire des Baies et fenêtres.....	7
2.3.1	Zone administration .....	7
2.3.2	Zones communes (RdJ, Rez de Parvis, R+1).....	7
2.3.3	Commentaires sur la qualité de la protection solaire .....	7
2.4	Climatisation .....	8
2.4.1	Zones climatisées par split-système .....	8
2.4.2	Zones climatisées par CTA à détente directe.....	8
2.4.3	Commentaires sur la climatisation .....	8
2.5	Ventilation mécanique contrôlée .....	8
2.5.1	Commentaires sur la VMC.....	8
2.6	Déshumidification.....	8
2.6.1	Commentaires sur la déshumidification des locaux : .....	9
2.7	Ventilation naturelle.....	9
2.7.1	Commentaires sur la ventilation naturelle.....	9
<b>3</b>	<b>Méthodologie.....</b>	<b>10</b>
3.1	Génération des données météorologiques.....	10
3.2	Présentation des outils utilisés .....	16
3.2.1	Codyrun .....	16
3.2.2	Le module confort PMV Matlab.....	17
3.2.3	Quelques rappels sur le diagramme de confort.....	19
3.2.4	Quelques rappels sur le PMV .....	20
3.3	Sorties étudiées .....	20
<b>4</b>	<b>Analyse de la zone « Animateur » .....</b>	<b>21</b>
4.1	Profils des charges internes.....	21
4.2	Type de bâtiment simulé .....	22
4.3	Objectifs recherchés.....	23
4.4	Simulations réalisées.....	23
	Amélioration de la conception thermique des bureaux.....	23
	Traitement de l'air.....	23
4.5	Présentation des résultats – Conception thermique.....	24
4.5.1	Impact de la protection solaire des baies .....	24
4.5.2	Impact de l'isolation des parois verticales.....	28
4.5.3	Impact de l'isolation de la toiture terrasse pour la zone Animateur .....	29
4.5.4	Impact de l'éclairage naturel/artificiel sur le confort .....	30

4.5.5	Impact des charges internes.....	33
4.6	Présentation des résultats – Traitement de l'air.....	35
4.6.1	Résultats sur la surventilation nocturne – période été .....	35
4.6.2	Traitement d'air été sans climatisation.....	37
4.6.3	Traitement d'air hiver sans chauffage .....	42
4.6.4	Traitement de l'air avec climatisation.....	46
<b>5</b>	<b>Analyse de la zone « Administration » de la médiathèque.....</b>	<b>47</b>
5.1	Profils de charge internes .....	47
5.2	Objectifs recherchés.....	47
5.3	Simulations réalisées.....	47
5.4	Type de bâtiment simulé .....	48
5.5	Présentation des résultats – Conception thermique.....	49
5.5.1	Impact de la protection solaire des baies .....	49
5.6	Présentation des résultats - Traitement de l'air .....	57
5.6.1	Traitement d'air été – pas de climatisation.....	57
5.6.2	Traitement de l'air avec climatisation.....	71
5.6.3	Traitement d'air hiver – pas de chauffage .....	73
<b>6</b>	<b>Analyse de la zone commune de la médiathèque .....</b>	<b>82</b>
6.1	Profils de charge internes .....	82
6.2	Objectifs recherchés.....	82
6.3	Simulations réalisées.....	82
6.4	Type de bâtiment simulé .....	83
6.5	Présentation des résultats – Conception thermique.....	84
6.5.1	Impact de la protection solaire des baies .....	84
6.6	Présentation des résultats – Influence de la ventilation .....	96
6.6.1	Traitement des problèmes de condensation .....	96
6.6.2	Etude des conditions de confort en hiver .....	98
6.6.3	Etude des conditions de confort en été .....	102
<b>7</b>	<b>Synthèse des préconisations .....</b>	<b>110</b>
7.1	Administration.....	110
7.2	Zone commune.....	111

# 1 INTRODUCTION

---

Le présent document concerne l'analyse des performances thermiques de la médiathèque du Tampon à l'aide de simulations en régime dynamique.

Les données climatiques relevées sur le site du Tampon laissent à penser qu'avec un renouvellement d'air et une conception thermique adaptés, il n'est pas nécessaire de chauffer ni de climatiser les locaux.

L'objectif des simulations est d'apporter un appui technique à l'équipe de maîtrise d'œuvre du projet pour l'optimisation du confort hygro-thermique et des consommations énergétiques.

Les simulations seront effectuées sur les zones de l'Administration et du bâtiment central avec le logiciel CODYRUN et pour deux périodes de l'année (été et hiver). Elle permettront d'optimiser, sur le plan de la conception et du dimensionnement, à la fois les composants d'enveloppe et les équipements énergétiques de ventilation de traitement d'air.

En effet, le projet initial prévoit l'installation de la climatisation dans l'administration de la future médiathèque et une gestion de l'air du bâtiment central basée sur une insufflation mécanique à tous les niveaux et une extraction statique en partie haute de l'atrium.

Nous allons voir d'une part si la climatisation de l'administration peut être évitée et d'autre part si la protection solaire et la gestion l'air du bâtiment central sont suffisants pour assurer les conditions de confort en été éviter les risques potentiels de condensation en hiver.

## Rédacteurs

Le rapport et les simulations ont été réalisés par :

- François Garde, Maître de Conférences, Ingénieur de l'Ecole Centrale de Lyon.
- Franck Lucas, Maître de Conférences, Ingénieur IUSTI.
- Harry Boyer, Professeur des Universités.
- Monica Cornejo, ingénieur de l'Université de Séville, chercheur associé au LGI.
- Eric Fock, doctorant au LGI.
- Laetitia Adelard, Maître de Conférences, Ingénieur ENI Tarbes.
- Thierry Mara, Maître de conférences.

## 2 REMARQUES SUR LA CONCEPTION THERMIQUE ET AERAIQUE DU BATIMENT – PROJET INITIAL EN PHASE APD

Cette partie traite des remarques faites par l'Université sur le projet APD de la médiathèque.

### 2.1 Toiture

#### 2.1.1 Types de toiture envisagée dans le projet initial Phase APD

Il existe deux types de toiture dans le projet de la médiathèque référencées dans le tableau ci-dessous.

Type de toiture	Description	Localisation	Observations
Toiture terrasse inaccessible ou accessible	dalle béton + 6 cm de fescoboard	Administration R+1	Voir l'impact d'une meilleure isolation (12 cm) pour des couleurs de dalle moyenne ou sombre. Prévoir si possible un revêtement extérieur de couleur claire
Toiture en zinc	Couverture en zinc naturel. Platelage en planches de pin traité classe 4 épaisseur 23 mm Pose d'une isolation tendue en sous face des tasseaux de type STABITHERMO 7 mm ou similaire	Bâtiment central	Prévoir deux lame d'air de part et d'autre du stabithermo afin d'optimiser ses propriétés de produit mince réfléchissant

Tableau 2-1 : Typologie des toitures prévues dans le projet en phase APD.

#### 2.1.2 Commentaires sur l'isolation thermique

##### Toiture en zinc :

L'utilisation du stabithermo pour les toiture en zinc est une bonne option. De plus, les tasseaux de bois en sous-face permettront d'éviter les ponts thermiques entre la tôle et le platelage bois, ce qui évitera les problèmes de condensation en sous face du platelage.

##### Toiture terrasse :

Prévoir un revêtement extérieur de couleur claire.

## 2.2 Constitution des murs

### 2.2.1 Projet initial

#### **Murs extérieurs :**

Les types de murs identifiés sont

- Mur 1 : Voile béton de 16 cm, couleur prune
- Mur 2 : Voile béton de 16 cm + habillage en PARKLEX 1000 BAKELISE ou similaire, ép. > 10 mm, couleur bois naturel.
- Mur 3 : mur rideau vitrage clair de type STADIP > 10 mm

Le tableau ci-dessous récapitule les positions des murs par bâtiment :

Mur 1	Administration
Mur 2	Auditorium
Mur 3	Façade principale sur hall et entrée Façades Nord-Ouest, Sud-Ouest et Sud Est.

Tableau 2-2 : Typologies des murs prévus dans le projet APD.

### 2.2.2 Commentaires sur les murs

Certains murs notamment ceux situés sur les façades Sud/Sud-Est ne sont pas isolés thermiquement. Les simulations traiteront ce point pour la zone administration. De même, compte tenu de la surface importante en murs rideaux, il faudra être attentif aux problèmes de condensation et de protection solaire. En général, les problèmes de condensation surviennent lorsqu'il n'y a pas de ventilation mécanique permanente dans les locaux.

## 2.3 Protection solaire des Baies et fenêtres

### 2.3.1 Zone administration

La protection solaire des baies est assurée par brises soleil horizontaux de 60 cm et joues verticales.

### 2.3.2 Zones communes (RdJ, Rez de Parvis, R+1)

La protection solaire est assurée par :

- Façade Sud Est : Brises-soleil horizontaux de 1 m de profondeur espacés tous les 1 m sauf pour le niveau RdJ où la protection est assurée par des brises-soleil motorisés verticaux en bois. La protection côté rez de parvis est assurée par débord de toiture et brises soleil horizontaux au niveau du vitrage sur une hauteur de 4 m.
- Façade Nord Est (côté parvis) : débord de toiture + brises soleil horizontaux filants intégrés au vitrage sur une hauteur de 4 m.
- Façade Nord Ouest (côté rue Victor le Vigoureux) : Brises soleil horizontaux intégrés dans structure en béton en protection solaire rapportée devant les vitrages (3 à 4 m en moyenne) sauf pour la salle d'exposition. La protection du RdJ est assurée par des brises soleil motorisés verticaux en bois comme pour le RdJ de la façade Sud Est.
- Façade Sud Ouest : Protection par débord de toiture.

### 2.3.3 Commentaires sur la qualité de la protection solaire

#### Administration :

- les simulations en régime dynamique ont montré que les joues verticales n'étaient pas nécessaires. Par ailleurs, celles-ci nuisent à l'éclairage naturel.
- Prévoir plutôt des brises soleil horizontaux filants juste au dessus de tous les vitrages de l'administration de 80 cm de profondeur.
- Rajouter également des stores persiennés intérieurs de couleur claire dans toutes les pièces.

#### Zone commune :

- RdJ : la protection par brises soleil motorisés côté rue Victor le Vigoureux n'est pas nécessaire. Ce niveau étant décaissé par rapport à la route, la bordure ajoutée au décaissé ainsi que les brises soleil horizontaux du niveau supérieur font office de protection solaire.
- Rez de Parvis : améliorer la protection solaire de la façade Sud-Est à côté du comptoir : la protection solaire n'est pas assurée dans la zone du comptoir entre 8 et 9 h00 pendant l'été (prévoir store déroulant de couleur claire ou autre type de protection entre les hauteurs 4 et 6 m).  
Prévoir une protection solaire des façades Sud Ouest et Nord Ouest de la zone écoute par store déroulant toute hauteur de couleur claire (ou autre type de protection).



## 2.4 Climatisation

### 2.4.1 Zones climatisées par split-système

- Administration (niveaux R+1 et local maintenance).
- Traitement des ouvrages Rez de parvis (split gainable sans renouvellement d'air).
- Heure du conte (split gainé).

### 2.4.2 Zones climatisées par CTA à détente directe

- Auditorium
- Régie.
- Loges vestiaires.

### 2.4.3 Commentaires sur la climatisation

- Le traitement du local « traitement des ouvrages se fait sans renouvellement d'air : ce point est à confirmer par le BET.
- La climatisation de la zone « Administration » reste à confirmer. Les simulations en régime dynamique préciseront ce point. Les premiers résultats laissent à penser que la climatisation n'est pas nécessaire dans l'administration à l'étage. Dans ce cas, prévoir des brasseurs d'air dans les bureaux.
- La climatisation de la zone « traitement des ouvrages » reste à confirmer. Ne faut-il pas prévoir dans cette zone un contrôle de l'humidité ?
- Les conditions de dimensionnement de 32°C/77% HR semblent très élevées.

## 2.5 Ventilation mécanique contrôlée

- VMC par surpression dans les bureaux de l'administration R+1 et bureaux du rez de jardin. Reprise dans les toilettes.
- Renouvellement d'air neuf des salles communes à grand volume par deux points de soufflage en partie basse (1500 m<sup>3</sup>/h par point de soufflage).
- Brasseurs d'air prévus en option dans les zones communes

### 2.5.1 Commentaires sur la VMC

- Il existe un risque sur la gestion des mouvements d'air dans les zones communes. Compte tenu de la forte hygrométrie prévisible dans le patio intérieur du aux plantes tropicales, il vaut mieux canaliser les flux d'air latéralement puis vers le centre des zones communes et enfin évacuer cet air en partie haute. Dans ce cas, la présence de ventilateurs hélicoïdaux en partie haute (dans chaque tourelle en toiture) peut s'avérer nécessaire. Ce point sera à confirmer en concertation avec le cabinet Concept Energie et le BET INSET.
- Prévoir des brasseurs d'air dans les bureaux de l'administration en cas de non climatisation + surventilation nocturne dans le réseau de VMC.

## 2.6 Déshumidification

Contrôle du taux d'hygrométrie par déshumidificateur dans les salles suivantes :

- Stock collections.
- Stock bibliothèque.

Sondes thermo-hygrométriques dans les zones communes.

### 2.6.1 Commentaires sur la dés humidification des locaux :

La présence de sondes d'ambiance sera très utile pour le suivi de la qualité de l'air dans les zones communes.

## 2.7 Ventilation naturelle

La ventilation des zones communes est assurée par des éléments ouvrant à l'italienne à 2.50 m du sol.

### 2.7.1 Commentaires sur la ventilation naturelle

- Le faible nombre d'ouvrants laisse à penser que la ventilation naturelle sera insuffisante. Ce point doit être amélioré.
- Par ailleurs, la ventilation de la salle d'exposition doit être améliorée (pas d'ouvrants). Il risque d'y avoir dans cette salle des risques de surchauffe l'été.

### 3 METHODOLOGIE

La méthodologie que nous avons définie pour l'analyse thermique de la médiathèque repose sur les phases suivantes :

1. Constitution d'un fichier de données météorologiques représentatif de la saison fraîche et de la saison chaude sur le site du Tampon.
2. Description et création des bâtiments sous CODYRUN et lancement des simulations.
3. Exploitation des résultats par zones et modifications proposées.

#### 3.1 Génération des données météorologiques

La future médiathèque du Tampon est située à une hauteur de 540 m. Les données météorologiques qui sont utilisées pour les simulations sont issues de l'extrapolation de données existantes pour deux sites : le site de Ligne Paradis (150 m.) et le site de la Plaine des Cafres (750 m.).

La température est obtenue en décroissant la température moyenne journalière de 0.7°C pour 100 mètres d'altitude de variation. L'humidité relative est obtenue à partir du volume d'eau contenu dans l'air et en prenant en compte la température ambiante.

Moyennes à obtenir pour les fichiers météo	Temp. moyenne	Températures maxi		Température mini	
		Moy.	Abs.	Moy.	Abs.
Mois le plus froid : Juillet	16.4 °C	20.4 °C	23.8 °C	12.2 °C	9.7 °C
Mois le plus chaud : Janvier	23.1 °C	27 °C	30°C	19°C	15.7 °C

Tableau 3-1 : Détermination des températures moyennes à simuler (altitude : 540 m).

Les données d'intensité du vent et de rayonnement solaire global sont obtenues par extrapolation et les données de rayonnement solaire diffus sont obtenues par fonction de corrélation déterminée par le logiciel Runeole.

Les tableaux suivants représentent les moyennes de température et les cumuls d'ensoleillement pour les deux mois utilisés (juin et décembre) pour les simulations :

Moyennes obtenues pour la saison fraîche	Temp. moyenne		Températures maxi		Températures mini	
	Moy.	Max.	Moy.	Abs.	Moy.	Abs.
Température (°C)	16	18	20	22.3	13	11.6
Humidité relative (%)	75	87.6	90	96	66	48
Rayonnement solaire direct (Wh/m <sup>2</sup> )	2 333		3928		115	
Rayonnement solaire diffus (Wh/m <sup>2</sup> )	1530		1965		992	

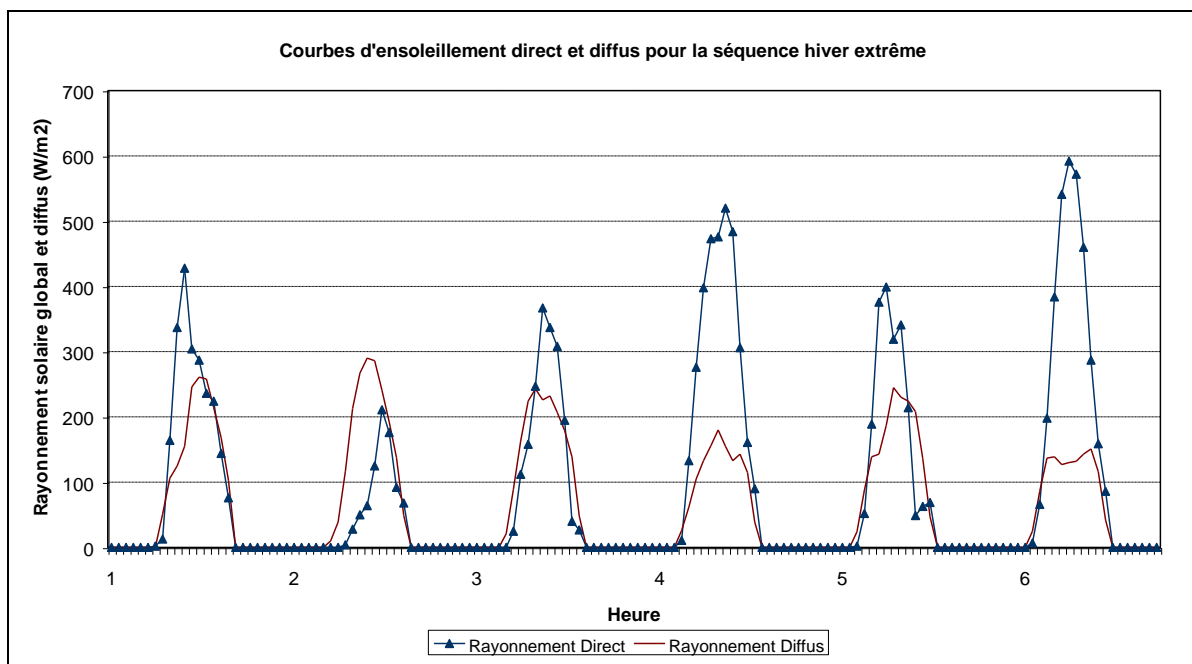
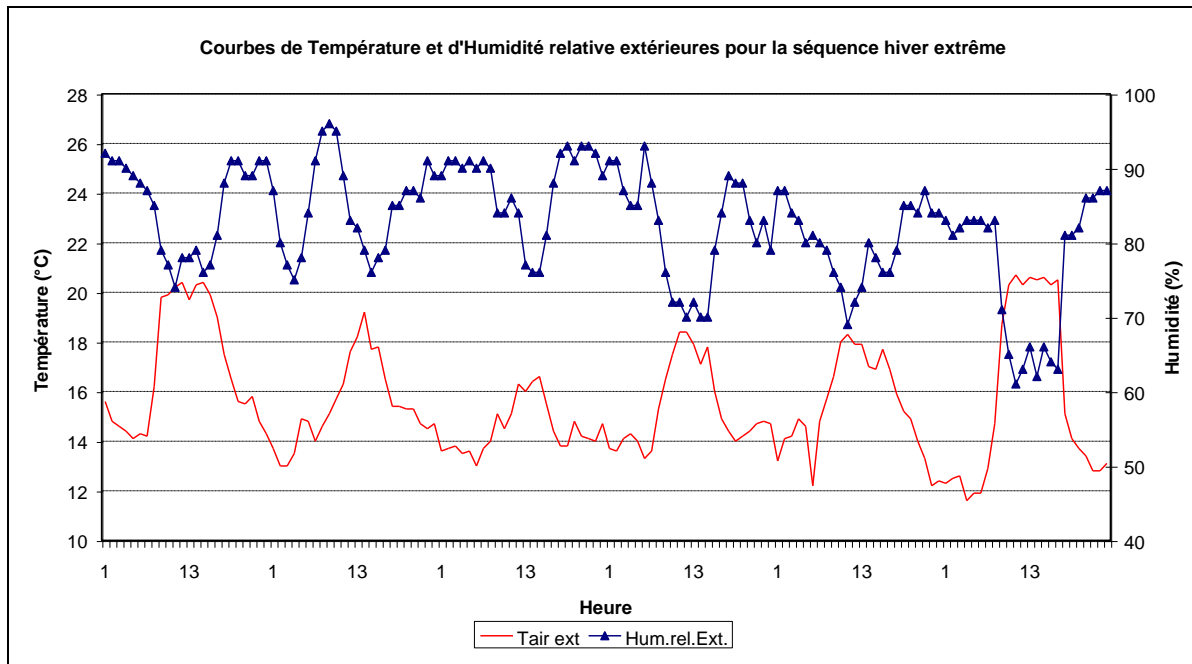
Tableau 3-2 : Moyennes du mois reconstitué pour la saison fraîche.

Moyennes obtenues pour la saison chaude	Moyenne		Températures maxi		Températures mini	
	Moy.	Max.	Moy.	Abs.	Moy.	Abs.
Température (°C)	22	23.5	27	30.1	18	17.1
Humidité relative (%)	77	86	87	97	62	48
Rayonnement solaire direct	3320		5300		36	
Rayonnement solaire diffus (Wh/m <sup>2</sup> )	2 183		2738		1278	

Tableau 3-3 : Moyennes du mois reconstitué pour la saison chaude.

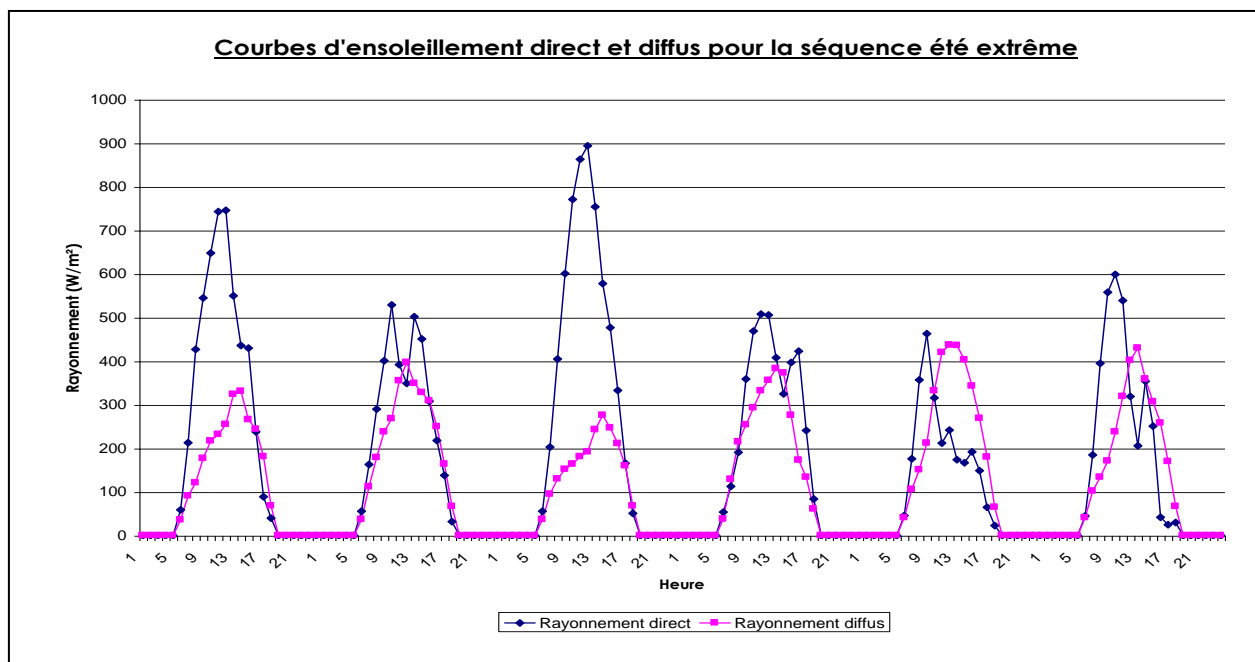
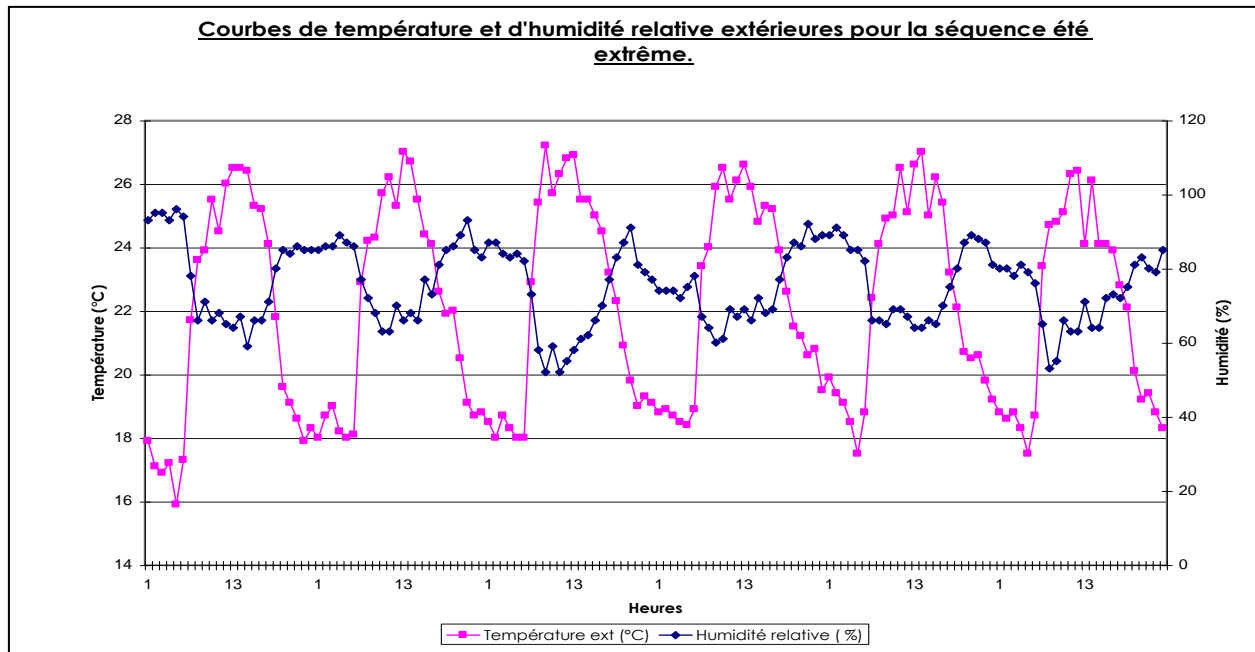
A partir de ces deux mois, nous avons choisi une séquence climatique de saison froide extrême, très humide, avec des températures nocturnes proches du minima mensuel, et une

séquence climatique de saison chaude extrême, avec une température maximale, et un fort ensoleillement.



Moyennes obtenues pour la séquence extrême de la saison fraîche	Moy.		Maxi		Mini	
	Moy.	Max.	Moy.	Abs.	Moy.	Abs.
Température (°C)	16	17	19	20.7	13	11.6
Humidité relative (%)	83	87.5	91	96	71	61
Rayonnement solaire direct (Wh/m²)	2 267		3352		818	
Rayonnement solaire diffus (Wh/m²)	1574		1842		1228	

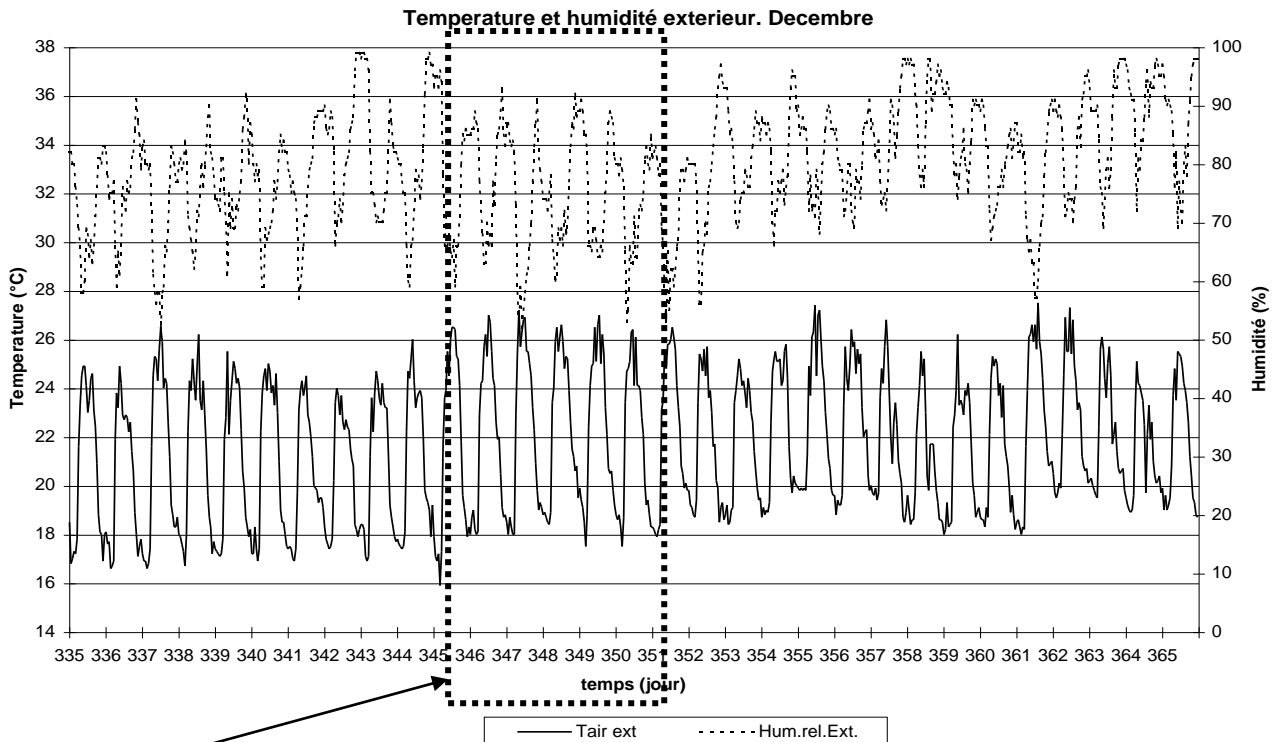
Tableau 3-4 : Moyennes de la séquence extrême - saison fraîche



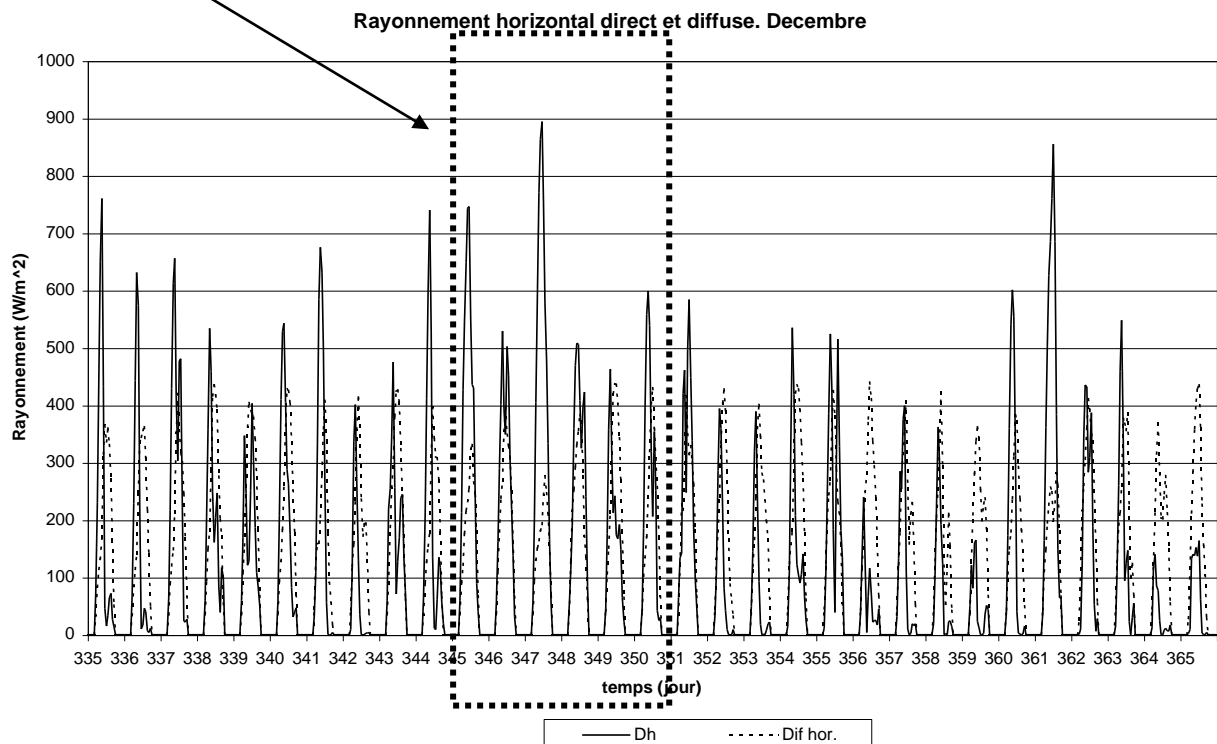
Moyennes obtenues pour la séquence extrême de la saison chaude (décembre)	Moyenne.		Maxi		Mini	
	Moy.	Max	Moy.	Abs	Moy	Abs
Température (°C)	25.4	25.9	26.8	27.0	24.1	23.6
Humidité relative (%)	68	74	75.3	85	58.5	58
Rayonnement solaire direct (Wh/m <sup>2</sup> )	3954		8940		250	
Rayonnement solaire diffus (Wh/m <sup>2</sup> )	2696		4370		1210	

Tableau 3-5 : Moyennes de la séquence extrême de la saison chaude pour le mois de décembre.

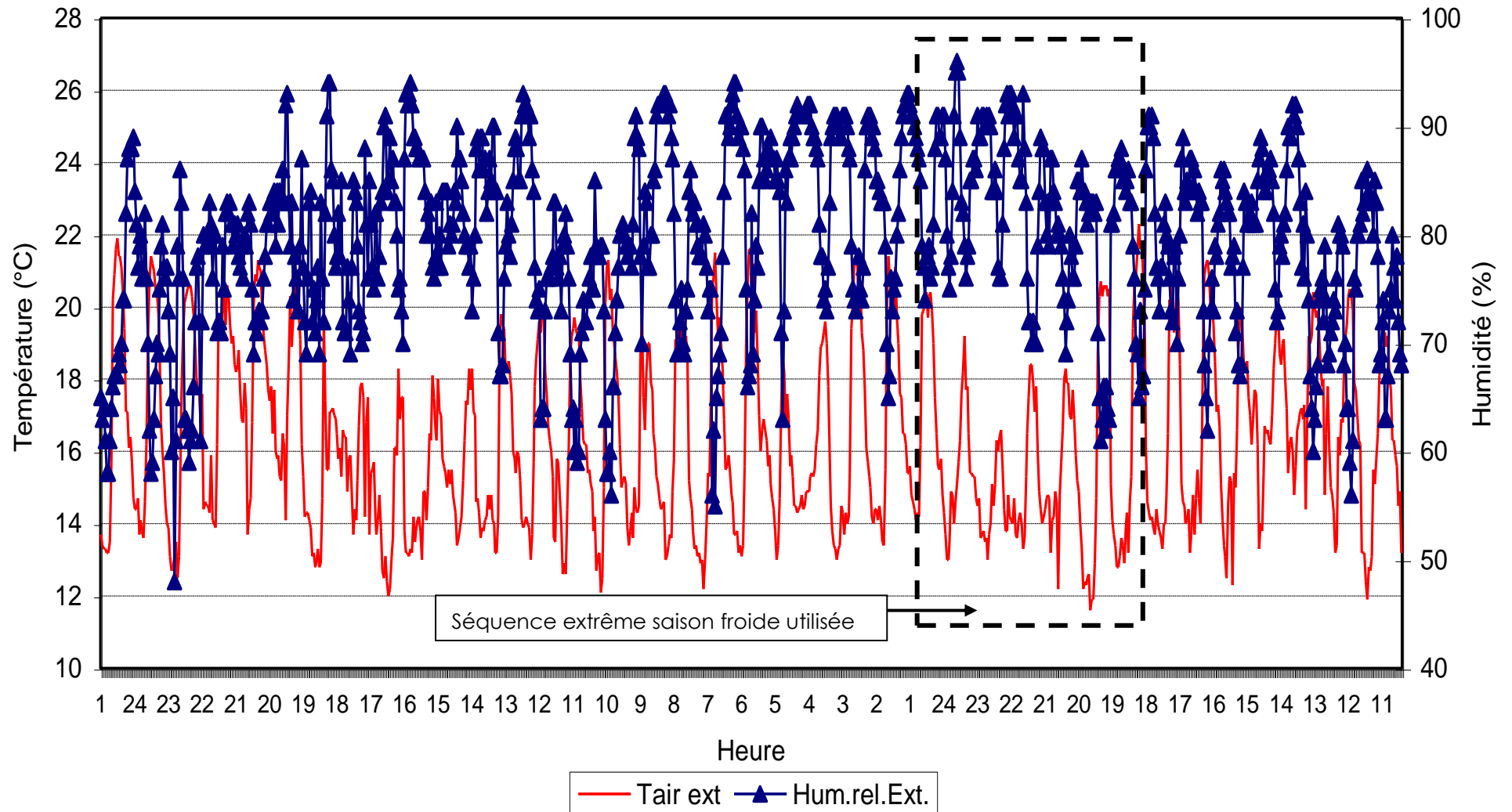
Nota : Le mois représentatif de la saison chaude extrême n'est pas le même pour la zone administration et la zone commune. Pour la zone administration, il s'agit du mois de décembre alors que pour la zone commune, il s'agit du mois de mars. De ce fait, les simulations concerneront le mois le plus chaud pour chacune des zones d'étude (ie le mois de mars pour la zone commune et le mois de décembre pour l'administration).



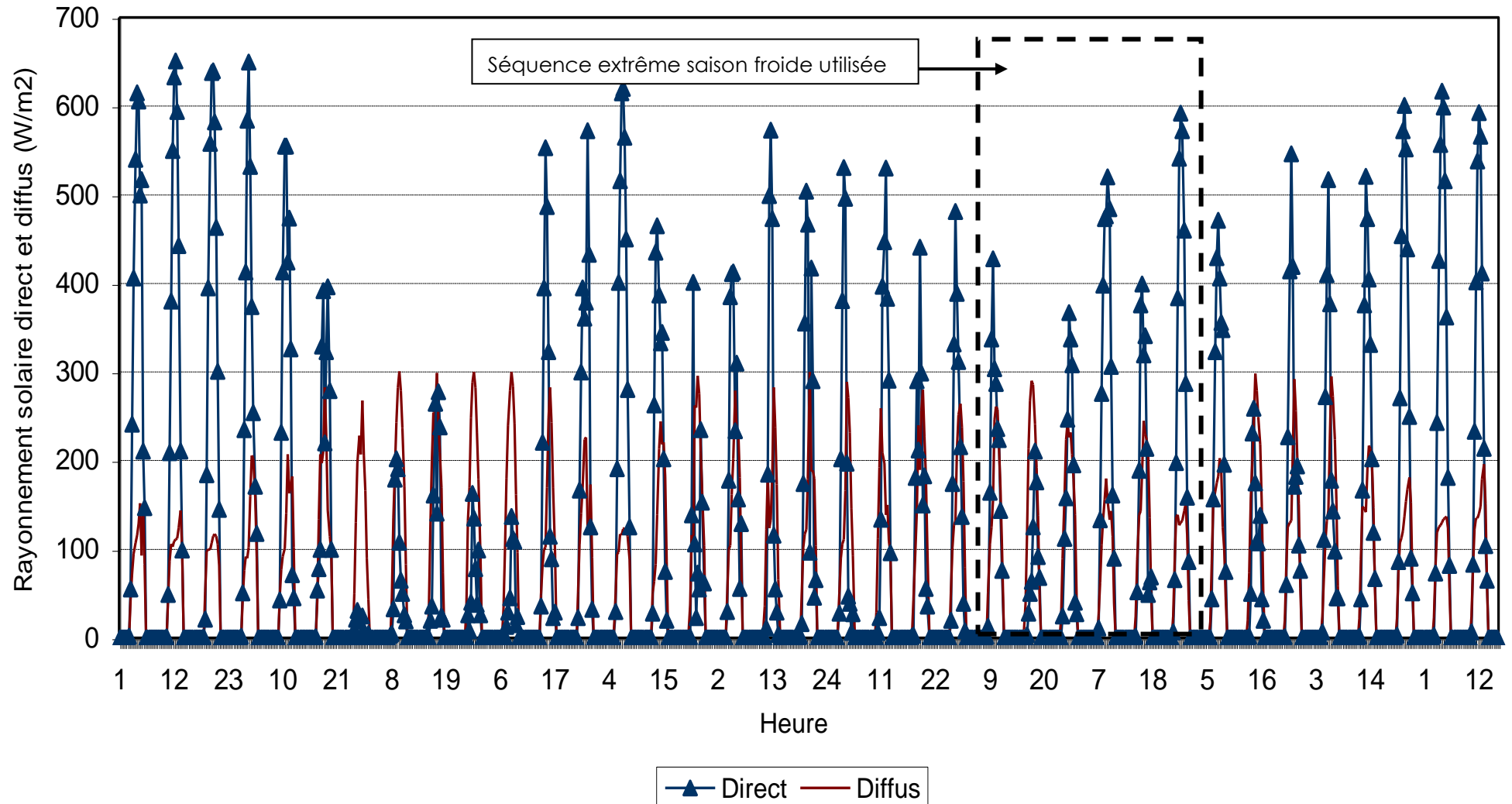
Séquence extrême saison chaude utilisée (mois de décembre)



### Courbes de Température et d'Humidité relative extérieures pour le mois froid



### Courbes d'ensoleillement direct et diffus pour le mois froid





## 3.2 Présentation des outils utilisés

### 3.2.1 Codyrun

D'une manière globale, le logiciel CODYRUN permet la simulation thermo-aéraulique de bâtiments multizones et est doté d'une interface évoluée (sous Windows) permettant de décrire le système (bâtiment) étudié en le décomposant en éléments tels que zones thermiques, composants parois, etc. Classiquement, au départ d'un fichier de sollicitations météorologiques horaires, il permet de connaître l'évolution temporelle de grandeurs physiques liées au bâtiment décrit (températures, flux, humidités, pressions, ...).

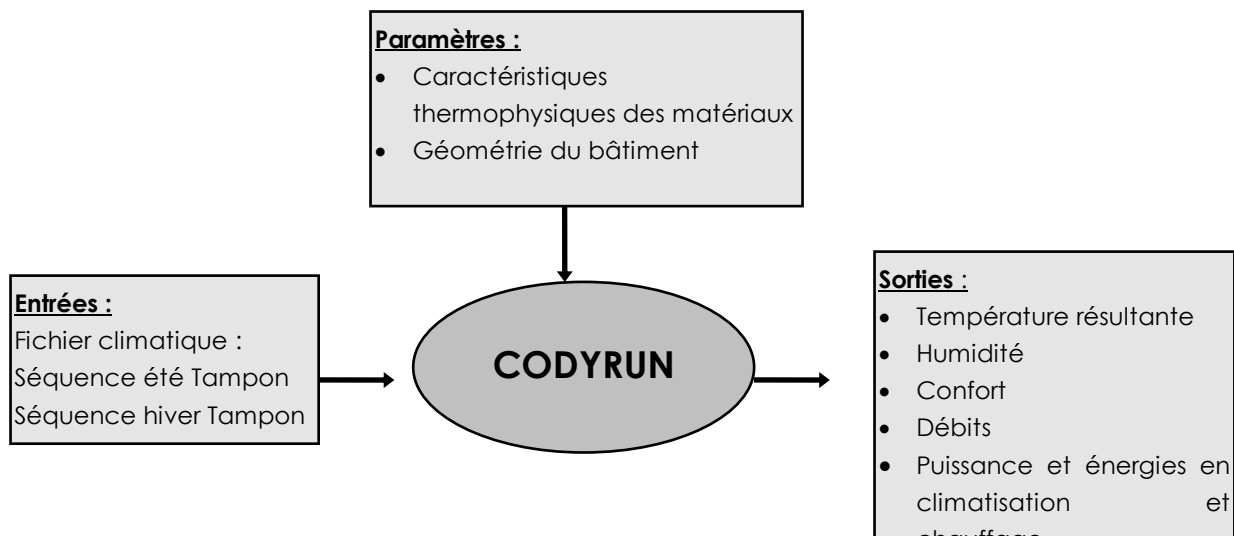


Figure 3-1 : Organigramme des simulations effectuées sous CODYRUN.

Concernant les aspects thermiques et hydriques, le logiciel est multizone, dans le sens où le noyau de calcul thermique calcule les paramètres (températures, puissances, humidités, ...) liés aux différentes zones thermiques (les pièces, dans le cas le plus détaillé) définies lors de la description. Pour mémoire, les logiciels monozones ne considèrent qu'un seul jeu de paramètres, pour l'ensemble du bâtiment.

Le modèle aéraulique intégré permet le calcul effectif des débits aérauliques, entre les différentes zones et avec l'extérieur. Basé sur un modèle en pression, il intègre les effets du vent, du tirage thermique ainsi que les grandes ouvertures. Les débits issus de ce module sont couplés au système thermique, permettant donc la prise en compte simultanée de tous les modes de transfert thermique.

Ainsi, le logiciel nous permet de suivre l'évolution horaire d'un certain nombre de sorties telles que celles représentées par la Figure 3-1.

Pour le présent rapport, des sorties assez spécifiques seront mises à profit. Pour les vitrages, il s'agit du facteur solaire, des rayonnements (direct, diffus et globaux) incidents, transmis ou encore renvoyés vers l'extérieur. Pour les zones, en plus des classiques températures, charges, un exemple en est l'évaluation du risque de condensation.

## 3.2.2 Le module confort PMV Matlab

### Introduction

Le « module confort » que nous avons développé au sein de l'équipe Génie Civil et Thermique de l'Habitat du Laboratoire de Génie Industriel de l'Université de La Réunion a un double objectif, dont la finalité est l'évaluation des conditions de confort dans une ambiance donnée. Cette ambiance est caractérisée par des paramètres, la température d'air, la température radiante moyenne, la température résultante et l'humidité relative, qui vont constituer les données d'entrée du module. La sortie va être au choix, un ensemble de grandeurs représentatives du confort thermique, les indices de confort, ou un indicateur plus visuel, le diagramme de confort.

Du point de vue informatique, le module confort se présente sous la forme d'un programme autonome (« stand-alone »), développé à partir de l'environnement MATLAB®. Il est conçu pour fonctionner sur les plate-formes Windows98, NT4.0 et 2000.

### PRESENTATION STRUCTURELLE

Comme mentionné en introduction, le module confort fournit deux types d'indicateurs. Ceux-ci font l'objet de sous-modules, dont une description sommaire est proposée ci – après.

- **Les indices de confort :**

Le calcul des indices de confort est effectué à l'aide d'un sous-module exploitant les données d'entrée pour fournir les sorties voulues. Plusieurs indicateurs sont disponibles, le PMV, le PPD, le PMV\* et le DISC. Ainsi, au départ des paramètres d'ambiance saisis, l'utilisateur a le choix d'obtenir l'un quelconque, voire l'ensemble, des indices ci-dessus. De plus, il est possible d'utiliser des profils pour la vitesse et la température d'air dans l'ambiance, ce qui permet de se rapprocher de conditions réalistes pour l'évaluation des indices de confort.

- **Le diagramme de confort :**

Le diagramme de confort est lui aussi calculé à l'aide d'un sous-module, dont les entrées sont en partie identiques à celles nécessaires au calcul des indices de confort. Ainsi, au départ de ces entrées, l'utilisateur obtient un indicateur de confort thermique visuel, dans lequel, la qualification de l'ambiance est effectuée relativement à une zone de confort prédéfinie. Cet outil a l'avantage de présenter une vision globale des conditions de confort dans l'ambiance et d'être par la même aisément exploitable.

### PRESENTATION FONCTIONNELLE

Les deux modules ci-dessus sont regroupés au sein d'une fenêtre générale, qui constitue l'interface utilisateur du module confort. Son principe de fonctionnement est explicité ci-après.

### **Synoptique général**

Le fonctionnement général du module confort est simple et synthétise les deux sous-modules de calcul des indices de confort et de tracé du diagramme de confort, comme le montre la Figure 3-2.

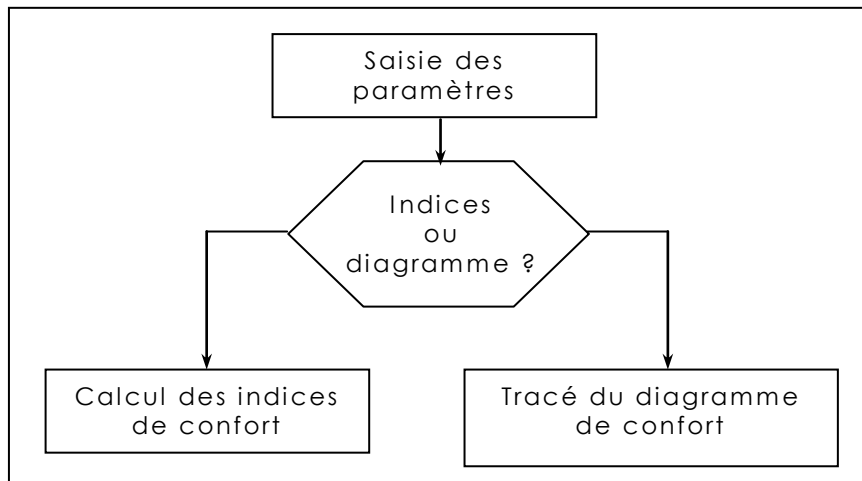


Figure 3-2 : Synoptique de fonctionnement général du module confort

### Les fenêtres de saisie :

Le module confort utilise pour plus de convivialité une interface exploitant le fenêtrage. Au départ d'une fenêtre de saisie de l'ensemble des paramètres, l'utilisateur est guidé selon son choix vers les indices de confort ou le diagramme de confort, comme illustré sur la figure 2.

**Module d'évaluation du confort thermique - LGI, équipe GCTh - 2001**

**Informations fichier**

Nom du fichier de simulation: [ ]

n° de colonne "heures": [ 1 ]      n° de colonne "humid. relative": [ 1 ]

n° de colonne "temp. d'air": [ 1 ]

n° de colonne "temp. rad.": [ 1 ]      **Attention, indiquer 0 si la grandeur n'est pas dans le fichier.**

n° de colonne "temp.": [ 1 ]

nom: [ col\_heures : 1  
col\_Ta : 1  
col\_Trm : 1  
col\_Tres : 1  
col\_HR : 1 ]

**Vitesse d'air intérieur**

Modèle 0: vitesse d'air constante [ 0.1 ] m/s

Porosité: [ 0 ] %      Profil de vitesse [ ]

Allège: [ 0 ] m

Incidence (0 ou 45°): [ 0 ] °

Modèle (1 à 11): [ 0 ] Si 0, vitesse d'air constante

type: [ val\_constante  
modele : 0  
porosite : 0  
allege : 0  
incidence : 0  
valeur : 0.1  
profil : néant ]

**Confort**

Activité: [ 1.2 ]

Veture: [ 0.5 ]      Profil de veture [ ]

Travail extérieur: [ 0 ]

**Fichier résultat**

Res\_conf [ Res\_conf ]

PMV / PPD

PMV\* / DISC

PMV / PPD / PMV\* / DISC

Diag. de confort [ ]

activite : 1.2  
veture : 0.5  
prof\_veture : néant  
travail : 0  
indices : PMV/PPD

Fermer [ ]      Générer [ ]

Figure 3-3 : La fenêtre générale du module confort

### 3.2.3 Quelques rappels sur le diagramme de confort

Un outil intéressant est le diagramme de confort. Ce diagramme permet de visualiser rapidement si un individu est en situation de confort dans une ambiance donnée.

Pour chaque simulation, nous reportons tous les points température résultante/humidité relative intérieures sur le diagramme de l'air humide.

Nous avons auparavant représenté les trois zones de confort sur le diagramme de la Figure 3-4 ci-dessous.

- La première zone de confort correspond à une vitesse d'air de 0 m.s<sup>-1</sup>.
- La seconde zone de confort correspond à une vitesse d'air de 0.5 m.s<sup>-1</sup>.
- La troisième zone de confort correspond à une vitesse d'air de 1 m.s<sup>-1</sup>.

Pour les couples température/humidité se trouvant dans la 1<sup>ère</sup> zone de confort, il n'est pas nécessaire d'avoir une vitesse d'air importante pour que les occupants soient en situation de confort.

Pour les couple température/humidité se trouvant dans la 2<sup>ème</sup> zone de confort, il est nécessaire d'avoir une vitesse d'air égale à 0.5 m.s<sup>-1</sup> (équivalent à un léger courant d'air ou à une vitesse de brasseur d'air en position intermédiaire).

Enfin, pour la troisième zone, il est nécessaire d'avoir une vitesse d'air égale à 1 m.s<sup>-1</sup> (équivalente à une brasseur d'air en vitesse maximale) pour que les occupants soient en situation de confort. Cette vitesse de 1 m.s<sup>-1</sup> est considérée comme une vitesse limite au delà de laquelle les papiers commencent à s'envoler.

Par ailleurs, pour chaque simulation, nous donnons le pourcentage de points compris dans les trois zones pendant les heures de fonctionnement du bâtiment. Ainsi les croix bleues (ou noires) correspondent à la période 8h00 – 12h00, les croix rouges (ou grises) à la période 12h00-14h00 et les cerles noirs à la période 15h00-18h00.

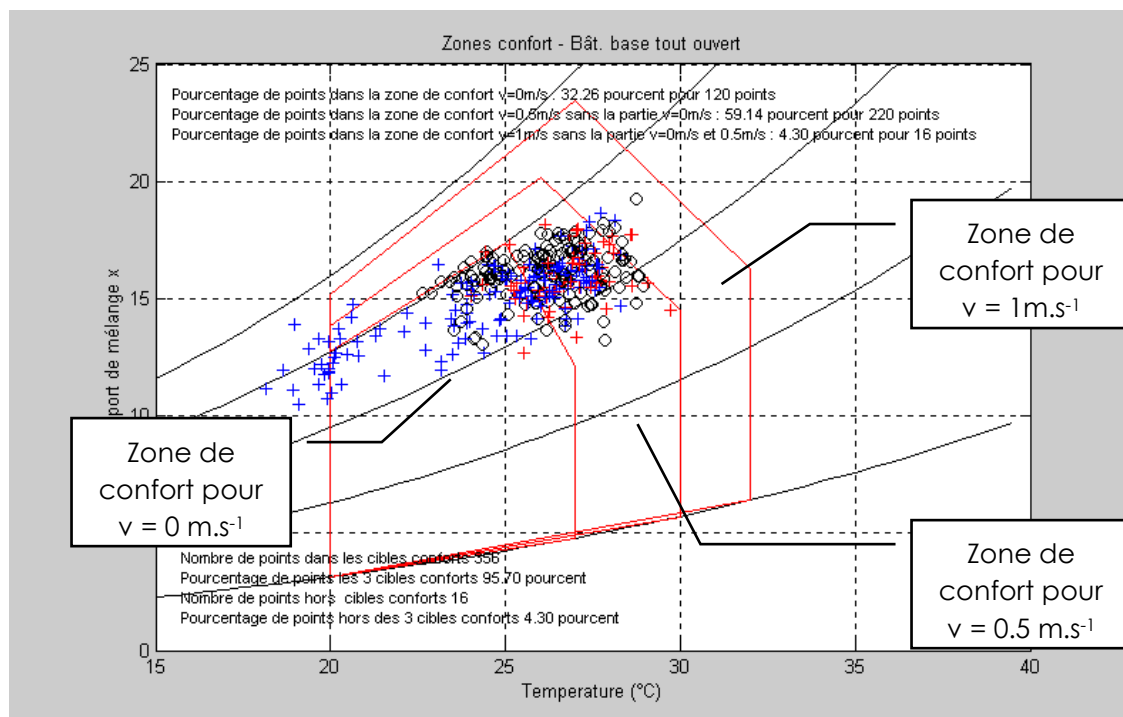


Figure 3-4 : Illustration d'un diagramme de confort pour différentes vitesse de vent (0 m.s<sup>-1</sup>, 0.5 0 m.s<sup>-1</sup>, 1 m.s<sup>-1</sup>).

### 3.2.4 Quelques rappels sur le PMV

Pour notre étude, nous utilisons comme indice de confort le PMV (Predicted mean Vote). Il s'agit d'un indice de sensation compris entre  $-3$  et  $+3$ .  $-3$  correspond à « très froid » et  $+3$  à « très chaud ». L'objectif pour une ambiance est d'avoir un PMV compris entre  $-0.5$  « légèrement froid » et  $+0.5$  « légèrement chaud », ce qui correspond statistiquement à 90 % de personnes satisfaites par l'ambiance.

Enfin, cet indice prend en compte l'activité de la personne (mesurée en Met), sa vêtue (mesurée en Clo), la température résultante, la vitesse d'air et l'humidité.

Pour information, une vêtue de type « été » correspond à 0.5 Clo (pantalon en toile et chemise) et une tenue d'hiver correspond à 1 Clo (pantalon + pull).

### 3.3 Sorties étudiées

Les sorties que nous utiliserons lors de cette étude sont les suivantes :

- Température résultante.
- Humidité relative.
- Humidité spécifique.
- Risque de condensation (comparaison température de surface/température de rosée).
- Coefficient d'ensoleillement.
- Puissance frigorifique nécessaire (sensible, latente, totale).
- PMV.
- Diagramme de confort.

## 4 ANALYSE DE LA ZONE « ANIMATEUR »

Nous réalisons dans un premier temps une étude fine sur les conditions de confort dans la partie des bureaux exposée au sud ouest que nous avons baptisée « Zone animateur ». Cette étude nous permet d'identifier les meilleurs scénarii en terme de traitement d'air et de conception thermique que nous pourrons ensuite appliquer à l'ensemble de l'administration. La partie suivante du rapport traitera des résultats pour l'ensemble de la zone « Administration ».

### 4.1 Profils des charges internes

Les profils pour les charges internes liés à la zone animateur figurent en annexe.

Nous avons considéré les charges internes suivantes :

- Occupants : 4 (78 W sensible et 66 W latent) de 8h00 à 17h00.
- Eclairage : artificiel seulement l'après midi (13h00 – 17h00) à 13 W/m<sup>2</sup>. On suppose que le matin, l'éclairage naturel est suffisant.
- Machines : 1 PC par bureau,

	Nb personnes	Activité (Met)	Imprimante	PC	Photocopieur	Eclairage
Zone animateur	4	1.2	0	4	0	13-17h

Tableau 4-1 : Hypothèses de profils de charges internes pour la zone "Animateur"

## 4.2 Type de bâtiment simulé

Nous avons conduit des simulations pour l'ensemble de l'administration en zoomant sur la zone Animateur qui nous intéresse précisément. Le bâtiment modélisé sous CODYRUN représenté par la figure ci-dessous.

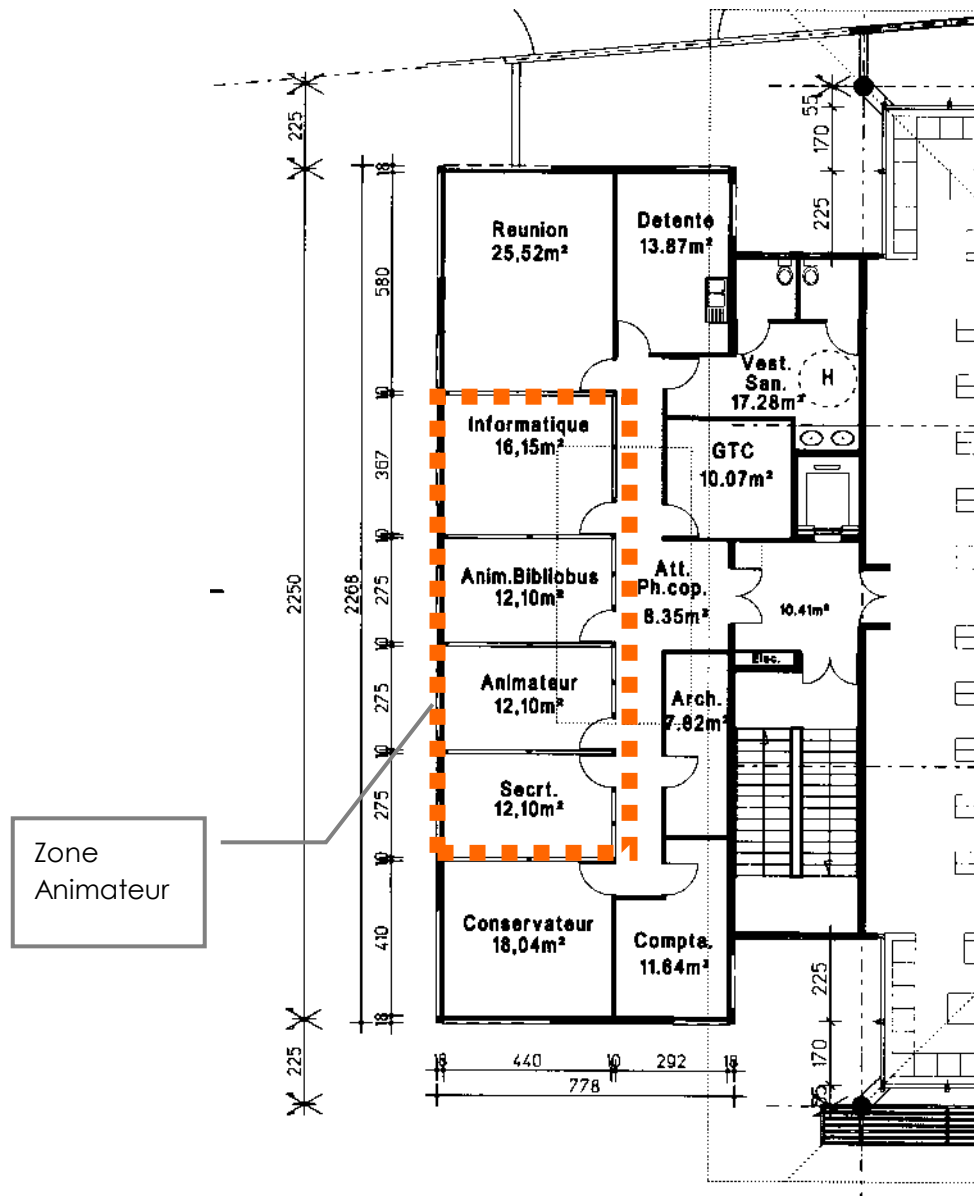


Figure 4-1 : Bâtiment modélisé pour l'étude du comportement de la zone « Animateur »

### 4.3 Objectifs recherchés

Dans le projet en phase APD, il est prévu une installation de conditionnement d'air de type multisplit systèmes pour climatiser l'administration. Par ailleurs, après une première réunion avec l'architecte, il a été décidé de rajouter des joues verticales et des brises soleil horizontaux sur les façades vitrées de l'administration.

Les objectifs de l'étude cette zone sont les suivants :

- Eviter la climatisation de la zone.
- Assurer le confort des occupants de la zone en utilisant d'autres techniques de traitement de l'air (surventilation, VMC, brasseur d'air). L'idée est d'utiliser la surventilation nocturne pour rafraîchir l'enveloppe la nuit et évacuer les charges internes.
- Réduire par conséquent les coûts liés à la climatisation (en investissement et en fonctionnement).
- Vérifier qu'il n'y a pas de risques de condensation en hiver.
- Vérifier si les choix initiaux concernant l'enveloppe doivent être modifiés (ajout de brises soleil horizontaux, joues latérale, isolation des murs et de la toiture).

### 4.4 Simulations réalisées

Les simulations ont porté sur différents type de traitement d'air et certaines modifications de composants.

#### Amélioration de la conception thermique des bureaux

Nous avons envisagé d'améliorer la conception thermique de l'enveloppe des bureau.

Les améliorations ont porté sur :

- Influence des brises soleil.
- Influence des joues latérales.
- Isolation de parois intérieures (2 cm de polystyrène).
- Isolation de la toiture terrasse (2 x plus que prévu, c'est à dire 12 cm au lieu de 6 cm).

#### Traitement de l'air

Une fois la solution optimale fixée pour la conception thermique du bâtiment « Administration », les cas suivants ont été testés et analysés au niveau du traitement de l'air:

- Définition d'un débit de surventilation nocturne.
- Traitement de l'air sans climatisation - période été.
- Traitement de l'air avec climatisation – période été.
- Traitement de l'air sans chauffage – période hiver.



## 4.5 Présentation des résultats – Conception thermique

### 4.5.1 Impact de la protection solaire des baies

Cas 1 : Sans protection

Cas 2 : Casquette horizontale 80 cm

Cas 3 : Casquette horizontale 80 cm + store intérieur

Cas 4 : Casquette horizontale 80 cm + store intérieur + joues verticales

Cas 5 : Casquette horizontale infinie

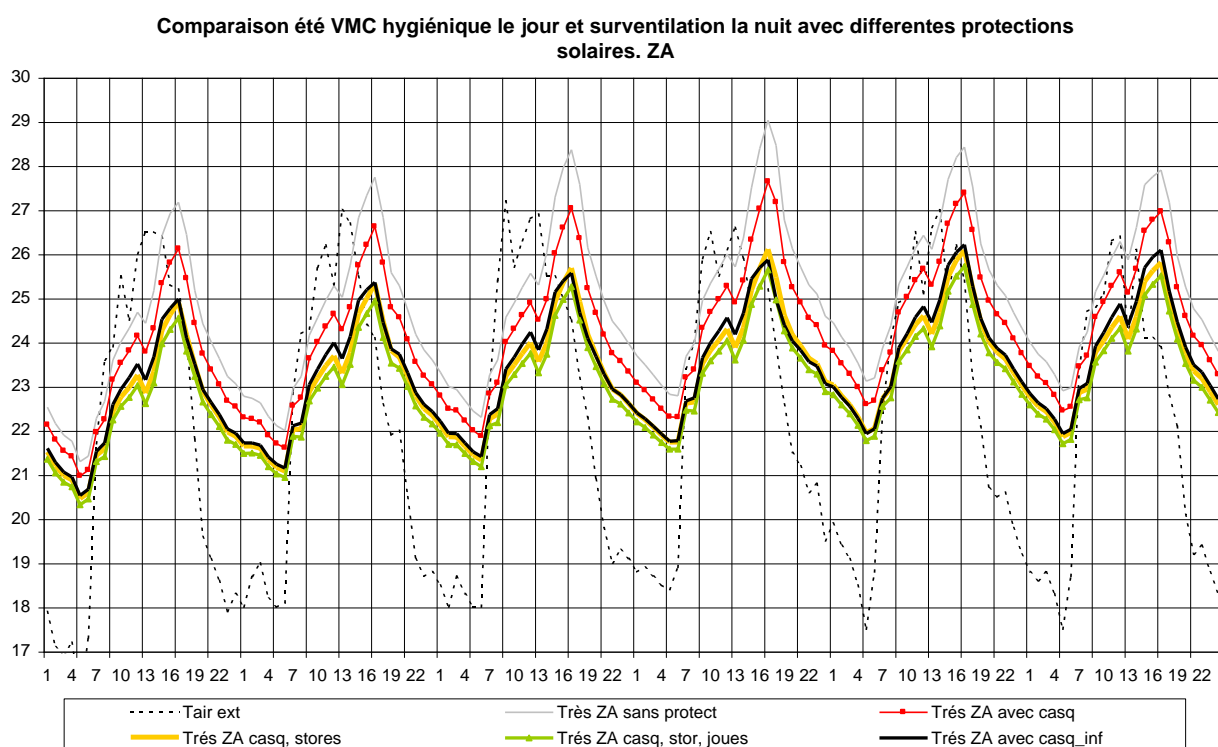


Figure 4-2 : Evolution de la température résultante pour différents types de protection solaire – période chaude

	Très matin	Très midi	Très après midi	Très max moy	Tres max
Cas 1	24.6	25.3	26.8	27.1	29.1
Cas 2	24.1	24.6	26	26.3	27.7
Cas 3	23.3	23.7	25	25.3	26.3
Cas 4	23.1	23.5	24.7	25	25.9
Cas 5	23.6	24.1	25.3	25.5	26.3

Tableau 4-2 : Températures résultantes moyennes pour le mois le plus chaud par créneau horaire.

Comparaison hiver Tres VMC hyg jour et nuit, casquettes avec et sans joues. ZA

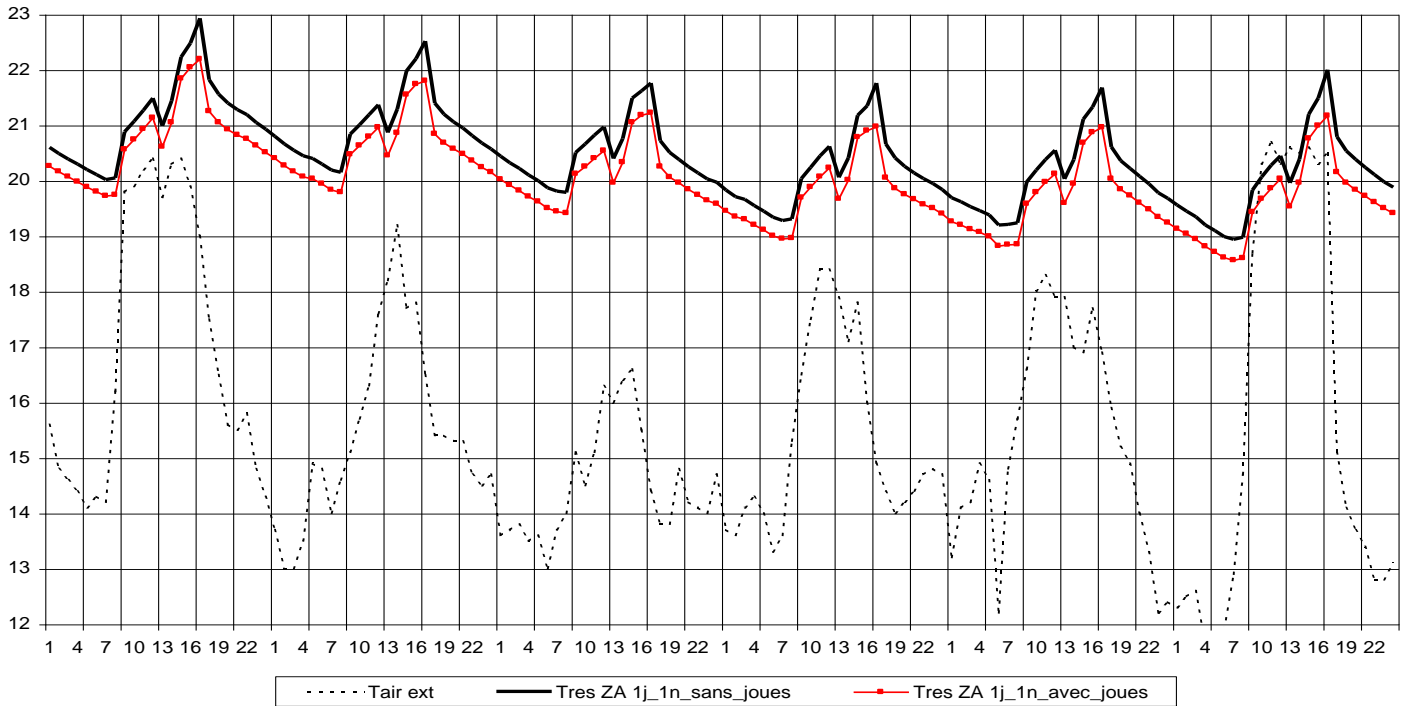


Figure 4-3 : Evolution de la température résultante pour le cas casquette avec et sans joues de protection solaire – Zone animateur – période hiver

#### 4.5.1.1 Impact sur le coefficient d'ensoleillement

Comparaison Fs été casquettes avec et sans joues (decembre)

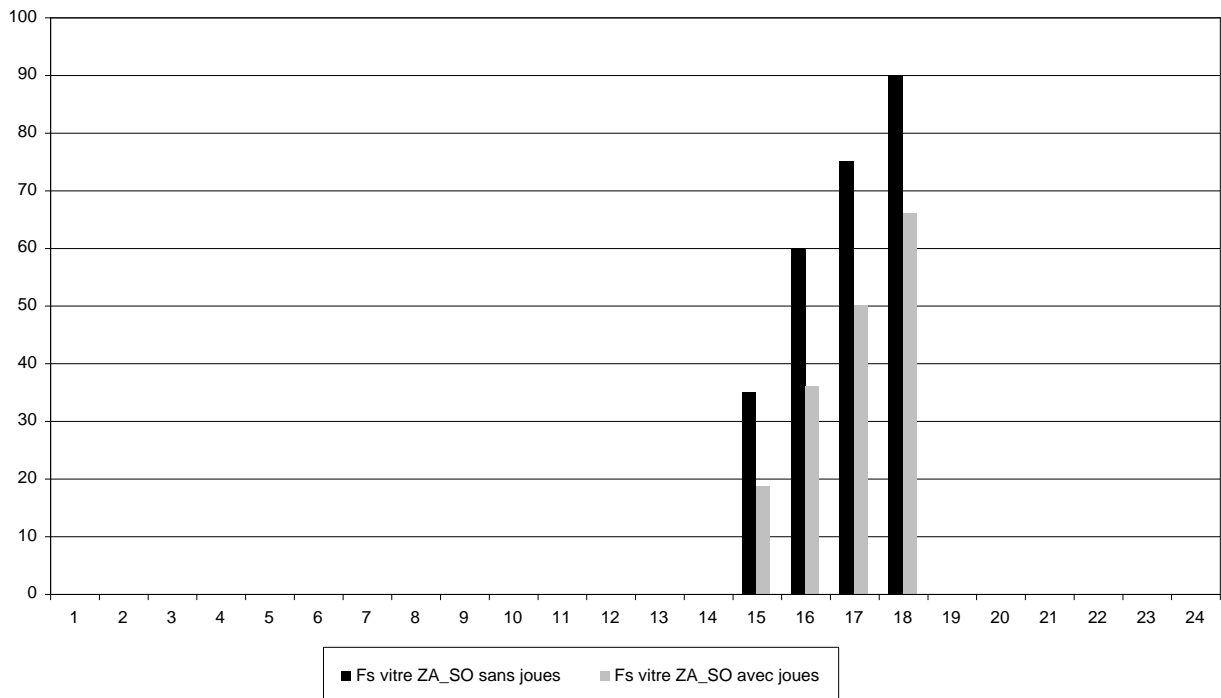


Figure 4-4 : Evolution du coefficient d'ensoleillement des vitrages - comparaison casquette/casquette + joues - mois de décembre.

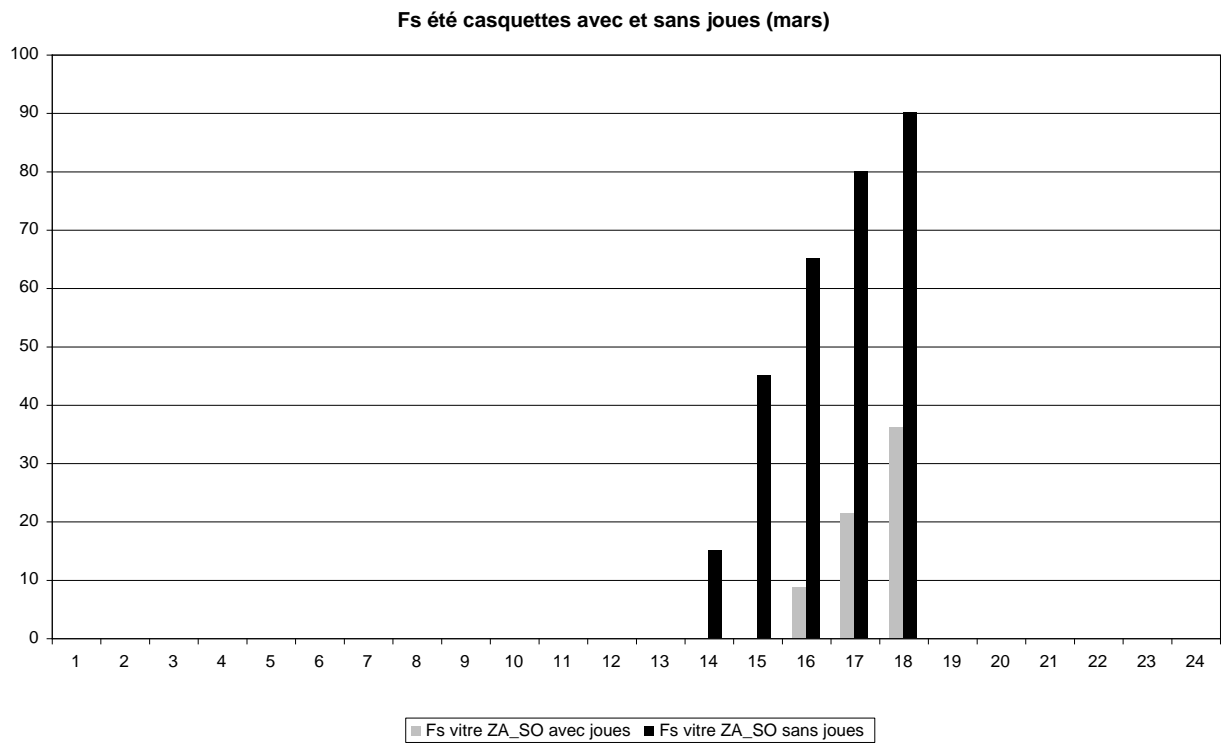


Figure 4-5 : Evolution du coefficient d'enseillement des vitrages - comparaison casquette/casquette + joues - mois de mars.

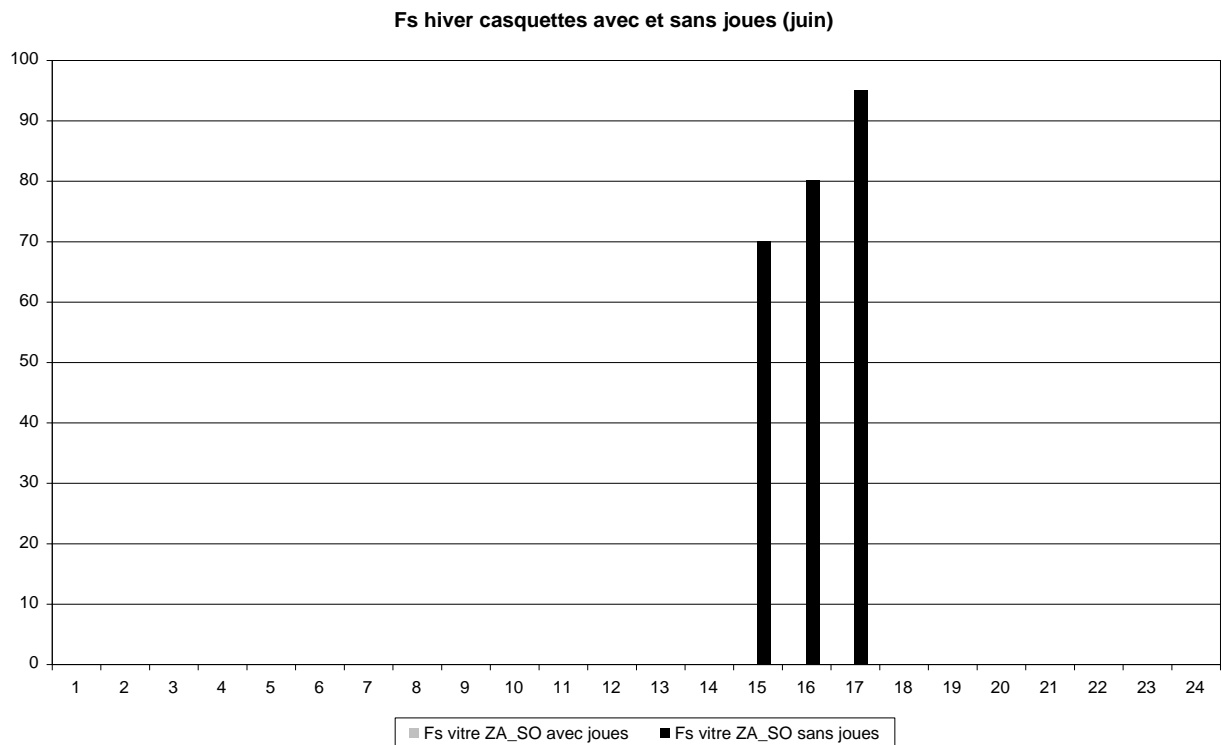


Figure 4-6 : Evolution du coefficient d'enseillement des vitrages - comparaison casquette/casquette + joues - mois de juin

## Conclusion sur la meilleure configuration de protection solaire pour la zone « Animateur »

La Figure 4-2 et le Tableau 4-2 montrent que la protection solaire par brises soleil horizontaux permet de gagner 1°C sur la température résultante dans les bureaux. L'ajout de stores vénitiens intérieurs de couleur claire permet de gagner 1°C supplémentaire par rapport au cas le plus défavorable (sans aucune protection).

Les figures Figure 4-4 et Figure 4-5 montrent que les joues verticales permettent de réduire le coefficient d'ensoleillement des vitrages. Celles-ci se révèlent efficace surtout en mars où le soleil a une composante ouest en fin de journée et permettent de retarder l'ensoleillement direct des vitrages de 2 h00 (16h00 au lieu de 14h00). Les joues verticales baissent la température résultante de 0.3°C seulement l'été.

En hiver, la Figure 4-3 montre que l'absence de joues contribue à augmenter la température intérieure de 0.5°C, ce qui est appréciable. De plus, l'étude du facteur solaire (cf Figure 4-6) montre que la présence des joues empêche toute utilisation de l'éclairage naturel en hiver puisque le facteur solaire est nul. En hiver, les fenêtres sud ouest seraient alors toutes à l'ombre.

En conclusion, le meilleur compromis semble être la **protection solaire par brises soleil horizontaux couplée à des stores vénitiens de couleur claire.**

Ne pas mettre de joues verticales induit un rayonnement direct sur les vitrages plus tôt dans la journée. Cela implique de poser des stores intérieurs de qualité. Ces stores permettront à l'utilisateur de réguler la protection solaire en fonction du rayonnement direct mais également d'optimiser l'éclairage naturel. Par ailleurs, en hiver, les gains solaires gratuits pourront être exploités car les fenêtres pourront recevoir en cette période les rayons du soleil.

## 4.5.2 Impact de l'isolation des parois verticales

Nous nous intéressons dans cette section à l'impact de l'isolation des murs sur la température résultante.

Pour les simulations, nous avons modélisé une couche de polystyrène de 5 cm sur la face interne du mur sud-ouest de la zone animateur. On obtient les tableaux suivants :

Scénarii d'isolation	Températures moyennes	Températures maximales		Températures minimales	
		Moy.	Abs.	Moy.	Abs.
Sans isolation	28.8	30.0	32.0	27.5	26.6
Avec 5 cm d'isolant	28.8	29.9	32.0	27.5	26.7
Ecart	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1

Scénarii d'isolation	Températures moyennes	Températures maximales		Températures minimales	
		Moy.	Abs.	Moy.	Abs.
Sans isolation	23.1	24.5	31.3	22.2	19.7
Avec 5 cm d'isolant	23.2	24.5	31.3	22.3	19.8
Ecart	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1

Tableau 4-3 : Tableaux des résultats en température en fonction de l'isolation des murs pour la zone animateur, respectivement en été et en hiver avec une ventilation 1j\_1n.

**Comparaison hiver VMC hygiénique jour et nuit avec et sans isolation de murs. ZA**

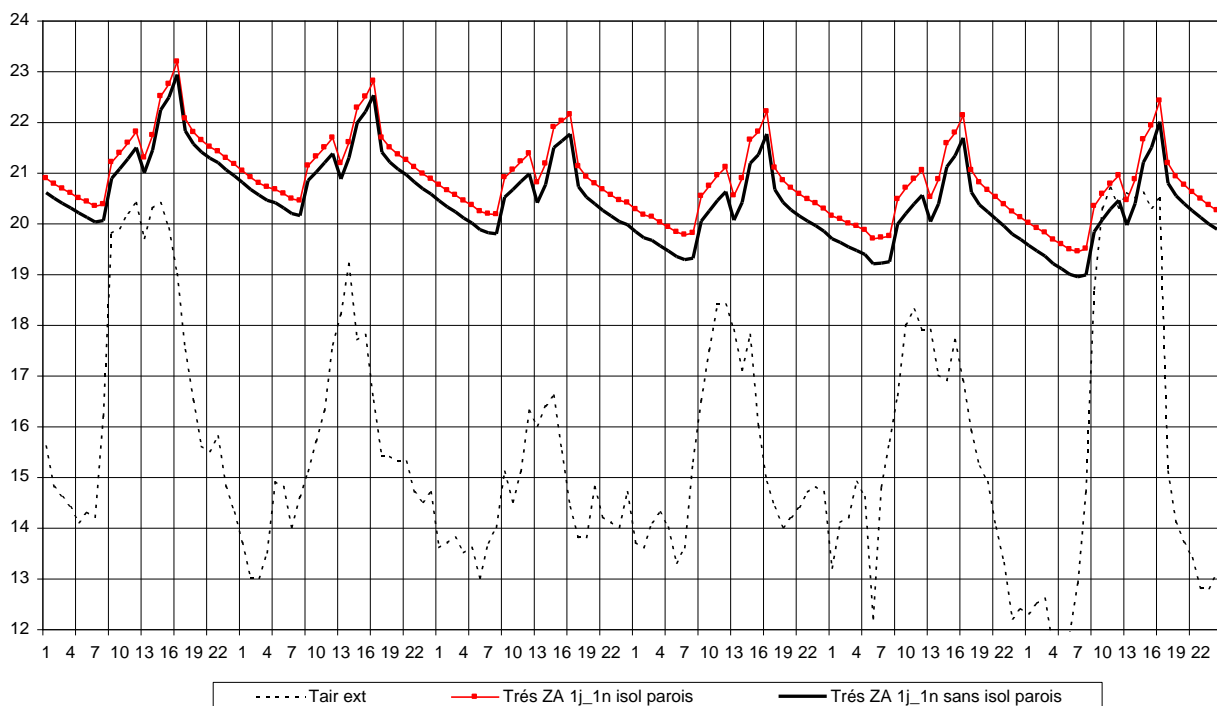


Figure 4-7 : Evolution de la température résultante avec isolation des parois verticales

### Conclusion sur l'impact de l'isolation des parois

D'après les résultats ci-dessus, l'ajout d'une couche d'isolant sur les murs ne s'avère pas nécessaire.

### 4.5.3 Impact de l'isolation de la toiture terrasse pour la zone animateur

Nous souhaitons dans cette section mettre en évidence l'impact de l'augmentation de l'épaisseur d'isolant (augmentation de 12 cm au lieu des 6 cm prévus). La toiture est supposée de couleur moyenne.

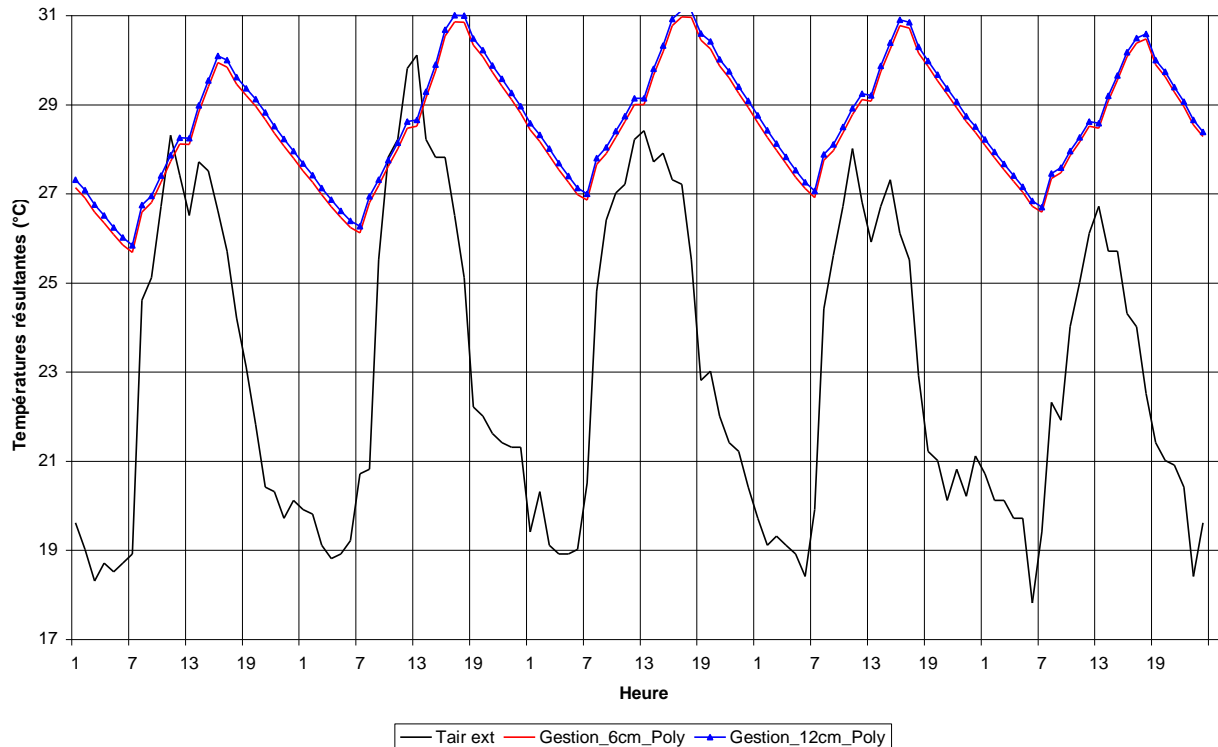


Figure 4-8 : Evolution de la température résultante avec une isolation de toiture de 6 cm et de 12 cm pour une semaine chaude.

#### Conclusion sur l'impact de l'isolation de toiture :

L'augmentation d'isolant n'a pas d'incidence tant sur la température résultante dans le bureau que sur la consommation et la puissance de climatisation. Il n'est donc pas nécessaire de modifier l'isolation prévue dans le projet initial.

## 4.5.4 Impact de l'éclairage naturel/artificiel sur le confort

### 4.5.4.1 Température résultante

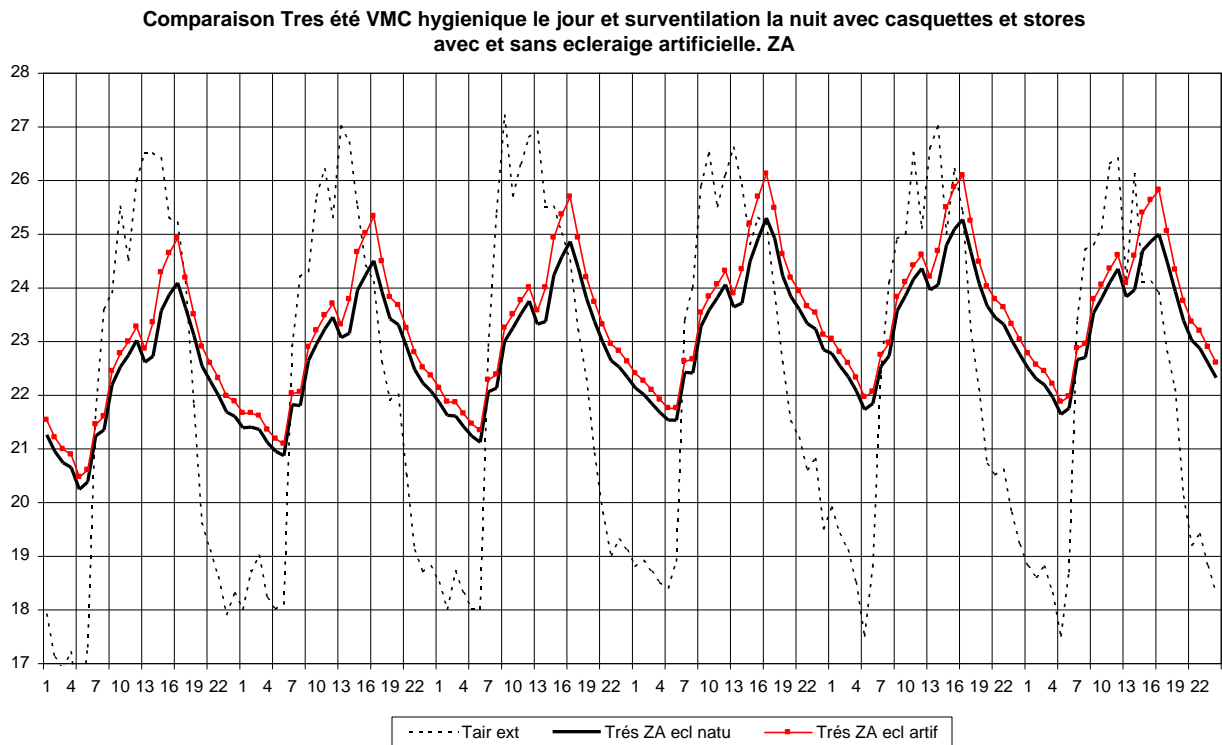


Figure 4-9 : Evolution des températures résultantes avec et sans éclairage artificiel l'après midi (1j\_20n)

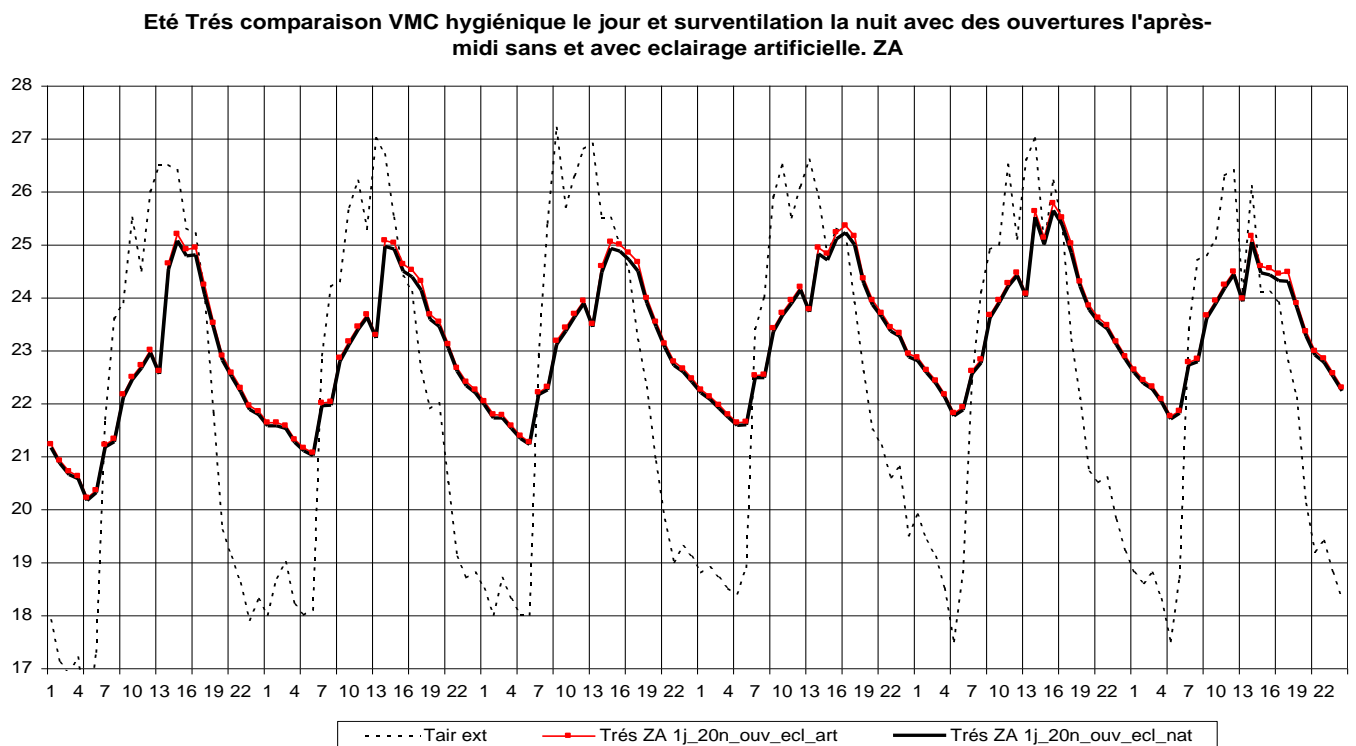


Figure 4-10 : Evolution des températures résultantes avec et sans éclairage artificiel l'après midi (1j\_20n\_ouv)

#### 4.5.4.2 Diagramme de confort

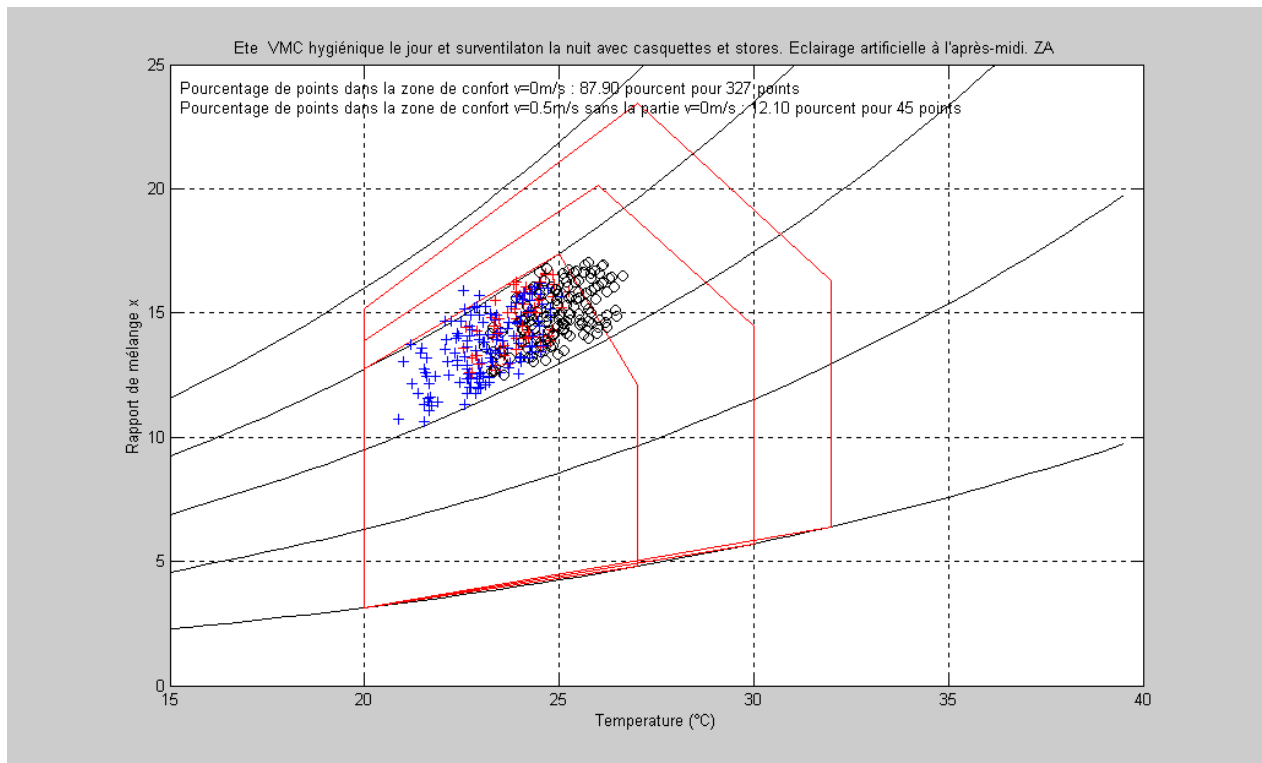


Figure 4-11 : Diagramme de confort de la zone animateur avec éclairage l'après midi pour 1j\_20n

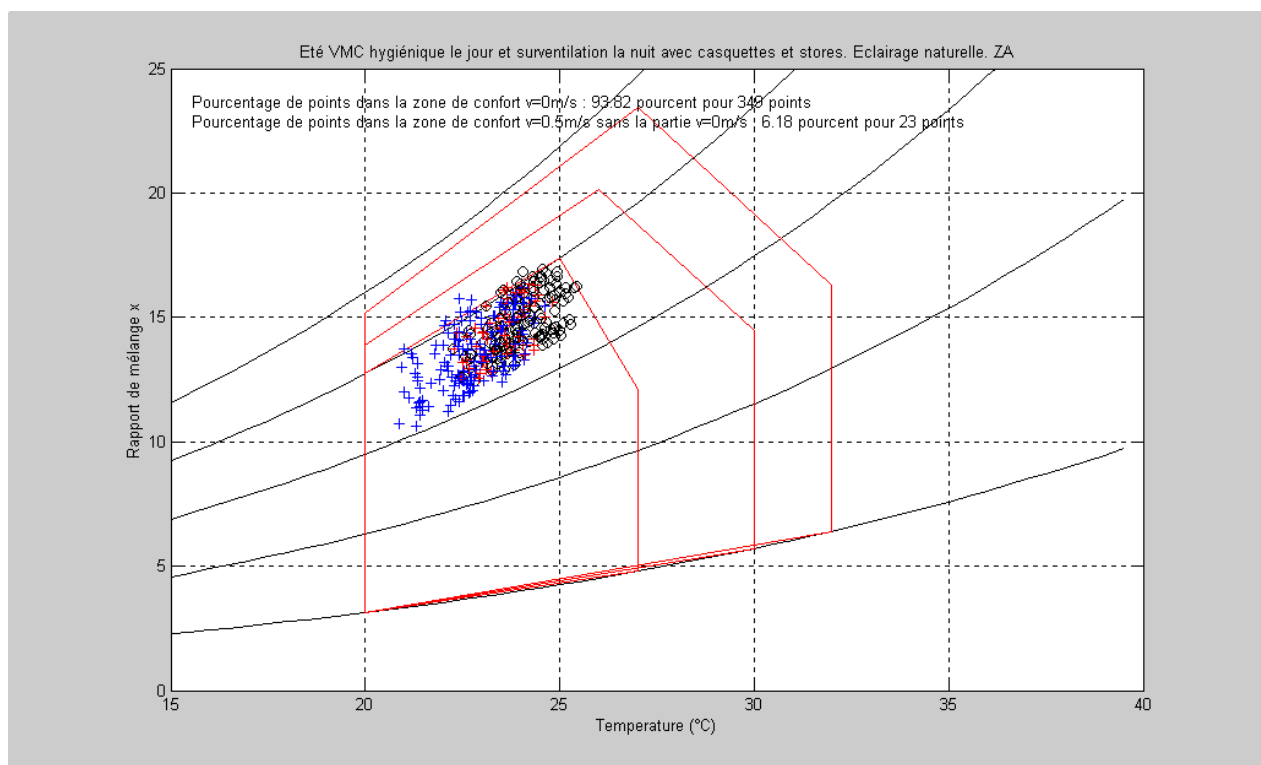
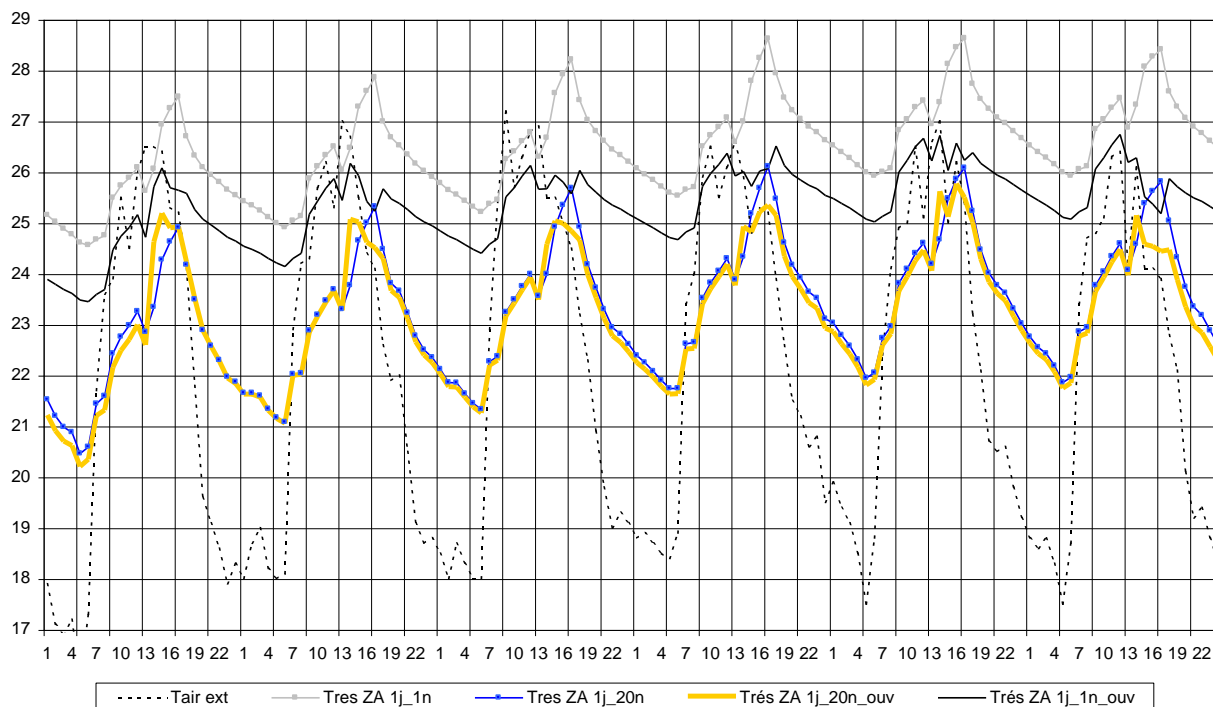


Figure 4-12 : Diagramme de confort de la zone animateur avec éclairage naturel pour 1j\_20n



### Été comparaison entre différentes ventilations avec et sans ouvertures. Eclairage artificielle. ZA



	Très matin	Très midi	Très après midi	Très max moy	Tres max
1j_1n	25.9	25.8	26.7	26.8	27.7
1j_1n_ecl	26.2	26.3	27.5	27.2	28.7
1j_1n_ouv	25.2	25	24.7	25.8	26.9
1j_1n_ouv_ecl	25.3	25.1	24.9	25.9	27
1j_20n	23.1	23.3	24.2	24.4	25.4
1j_20n_ecl	23.3	23.7	25	25.3	26.3
1j_20n_ouv	23	23.6	24	24.5	26.1
1j_20n_ouv_ecl	23.1	23.5	24.1	24.6	26.2
Text	24.8	24.7	23.9	26	27.5

Tabl

eau 4-4 : Températures résultantes moyennes pour le mois le plus chaud par créneau horaire. – Eclairage naturel/Eclairage artificiel.

#### Conclusion sur l'impact de l'éclairage artificiel :

Nous traitons dans cette section de l'influence de l'éclairage artificiel par rapport à l'éclairage naturel sur la température résultante et le confort. Le scénarii de ventilation correspond à 1 volume hygiénique le jour et surventilation nocturne.

L'évolution des températures résultantes, la Figure 4-9 montre que l'éclairage artificiel induit une surchauffe dans le bureau de 1°C pour le scénario où les fenêtres restent fermées l'après midi (cas : 1j\_20n). Par contre, pour le cas 1j\_20n\_ouv où l'occupant ouvre ses fenêtre l'après midi, l'effet d surchauffe est effacé par la ventilation naturelle (voir Figure 4-10).

Le Tableau 4-4 confirme ce constat. La surchauffe de 1°C due à l'éclairage artificiel est également constatée sauf dans le cas où l'on ouvre les fenêtres l'après midi. Dans ce cas, celle-ci est effacée.

La surchauffe est également mise en évidence avec les diagrammes de confort Figure 4-11 et Figure 4-12. On remarque que les couples température/humidité se décalent plus vers la droite dans le cas « éclairage artificiel ».

#### 4.5.5 Impact des charges internes

Définition : une charge interne est un composant de zone susceptible de posséder une puissance sensible et latente (exemple : personne dégage 78 W en sensible et 66 W en latent), et donc de modifier la température d'une pièce.

Dans notre cas, nous avons considéré les charges internes et étudié les scénarii suivants :

les personnes : une ou deux personne(s) par bureau

les PC : puissance sensible de 200 ou 300 W

l'éclairage : puissance de 5, 10 ou 13 W/m<sup>2</sup>

#### **Influence du nombre de personnes**

Scénarii d'occupation	Températures moyennes	Températures maximales		Température minimales	
		Moy.	Abs.	Moy.	Abs.
1 personne par bureau	28.8	30.0	32.0	27.5	26.6
2 personnes par bureau	29.2	30.5	32.3	27.7	26.9
Ecart	0.4	0.5	0.3	0.2	0.3

Scénarii d'occupation	Températures moyennes	Températures maximales		Température minimales	
		Moy.	Abs.	Moy.	Abs.
1 personne par bureau	23.0	24.3	31.3	22.0	19.7
2 personnes par bureau	23.5	24.8	31.6	22.2	20.0
Ecart	0.5	0.5	0.3	0.2	0.3

Tableau 4-5 : Tableaux des résultats en température pour différents nombre de personnes pour la zone animateur, respectivement en été et en hiver avec une ventilation 1j\_1n.

**Commentaire** : une personne supplémentaire par bureau a pour conséquence une élévation de température résultante moyenne de 0.5°C.

#### **Influence de l'éclairage :**

Scénarii d'éclairage	Températures moyennes	Températures maximales		Température minimales	
		Moy.	Abs.	Moy.	Abs.
5 W/m <sup>2</sup>	28.4	29.4	31.7	27.2	26.3
10 W/m <sup>2</sup>	28.8	30.0	32.0	27.5	26.6
13 W/m <sup>2</sup>	29.0	30.3	32.1	27.6	26.8

Scénarii d'éclairage	Températures moyennes	Températures maximales		Température minimales	
		Moy.	Abs.	Moy.	Abs.
5 W/m <sup>2</sup>	22.7	23.7	31.0	21.7	19.4
10 W/m <sup>2</sup>	23.1	24.3	31.3	22.0	19.7
13 W/m <sup>2</sup>	23.3	24.6	31.5	22.1	19.9

Tableau 4-6 : Tableaux des résultats en température pour différentes puissances d'éclairage pour la zone animateur, respectivement en été et en hiver avec une ventilation 1j\_1n.

**Commentaire :** un densité d'éclairage de 5 W/m<sup>2</sup> entraîne un accroissement d'environ 0.3 °C de la température résultante moyenne.

### **Influence de la puissance des ordinateurs :**

Puissance PC	Températures moyennes	Températures maximales		Température minimales	
		Moy.	Abs.	Moy.	Abs .
PC de 200 W	28.8	30.0	32.0	27.5	26.6
PC de 300 W	29.5	30.8	32.4	28.0	27.2
Ecart	0.7	0.8	0.4	0.5	0.6

Puissance PC	Températures moyennes	Températures maximales		Température minimales	
		Moy.	Abs.	Moy.	Abs .
PC de 200 W	23.1	24.3	31.3	22.0	19.7
PC de 300 W	23.8	25.1	31.8	22.4	20.3
Ecart	0.7	0.8	0.5	0.4	0.6

Tableau 4-7 : Tableaux des résultats en température pour différentes puissances d'ordinateur pour la zone animateur, respectivement en été et en hiver avec une ventilation Ij\_1n.

**Commentaire :** l'utilisation de PC de 300 W augmente la température résultante moyenne de 0.7°C.

## 4.6 Présentation des résultats – Traitement de l'air

### 4.6.1 Résultats sur la surventilation nocturne – période été

L'objectif des simulations est de définir le débit optimum de surventilation nocturne. Il s'agit d'un procédé utilisé dans les pays à climat tropical sec de manière à évacuer les charges internes accumulées durant la journée par le bâtiment.

Nous avons testé trois débits de VMC différents :

- VMC de 1 volume hygiénique (18 m<sup>3</sup>/h) toute la journée correspondant à 1j\_1n.
- VMC de 1 volume hygiénique la journée et 10 fois ce renouvellement d'air hygiénique la nuit correspondant à 1j\_10n.
- VMC de 1 volume hygiénique la journée et 20 fois ce renouvellement d'air hygiénique la nuit correspondant à 1j\_20n.

La Figure 4-13 montre que la surventilation nocturne journée permet d'abaisser la température intérieure de plus de 3°C par rapport à un renouvellement d'air hygiénique toute la. Pour des débits plus importants (supérieurs à 20 vol/h), le gain en température n'est pas significatif.

**Le taux de renouvellement d'air que nous considérons comme satisfaisant est donc 20 fois le renouvellement d'air hygiénique en surventilation nocturne.**

Par ailleurs, la Figure 4-14 montre que le taux d'hygrométrie dans le bâtiment reste dans des proportions acceptables puisque celui-ci ne dépasse pas 78%. La surventilation ne risque donc pas de causer des problèmes de condensation dans le bâtiment.

**Comparaison Très été entre différentes ventilations nocturnes avec VMC hygienique le jour, casquettes et stores. ZA**

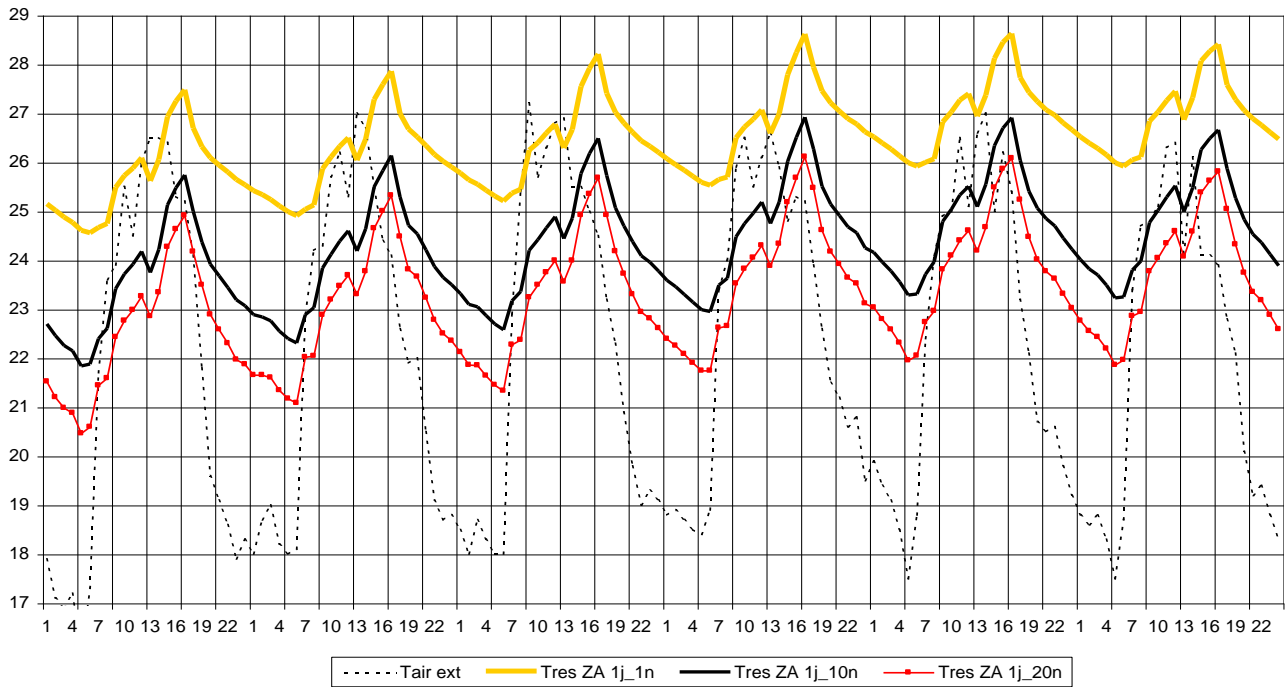


Figure 4-13 : Evolution de la température résultante de la zone « Animateur » pour différents débits de surventilation (1 vol/h, 10 vol/h, 20 vol/h) avec éclairage artificiel l'après midi.

**Comparaison Hr été entre différentes ventilations nocturnes avec VMC hygienique le jour, casquettes et stores. ZA**

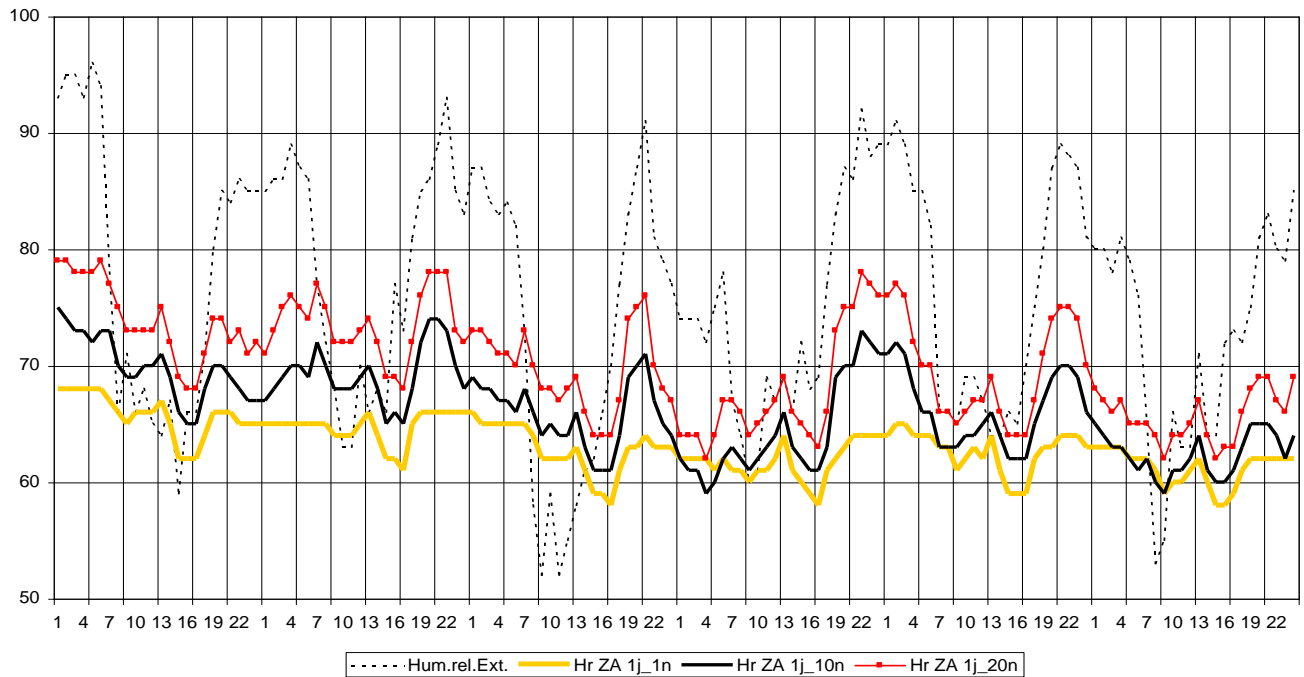


Figure 4-14 : Evolution de l'humidité intérieure pour les trois débits de surventilation nocturne .

## 4.6.2 Traitement d'air été sans climatisation

### 4.6.2.1 Les différents scénarii envisagés

Plusieurs scénarii de traitement d'air ont été simulés avec comme postulat de base la non utilisation de la climatisation. L'objectif est de visualiser les différences rencontrées en fonction des scénarii.

Le tableau ci-dessous récapitule les scénarii de traitement d'air envisagés et la nomenclature définie lors de la présentation des résultats.

Il est à noter que le débit de surventilation nocturne que nous considérons est celui défini dans la section précédente, soit 20 fois le volume hygiénique (20 fois 18 m<sup>3</sup>/h). Par ailleurs, les horaires de fonctionnement de la surventilation nocturne sont 20h00 – 7h00.

Le cas 1j\_20n\_ouv correspond à la situation où l'occupant ouvre sa fenêtre pour augmenter la ventilation naturelle dans son bureau parce que la température de l'air est trop élevée. Ce cas est envisageable bien évidemment si les conditions acoustiques extérieures sont satisfaisantes.

<b>Scénario de traitement d'air pour la période Été</b>	<b>Nomenclature associée</b>
VMC hygiénique (18 m <sup>3</sup> /h) toute la journée pas de clim	1j_1n
VMC hygiénique toute la journée surventilation de 20 vol hyg /h la nuit (20h00 – 7h00)	1j_20n
VMC hygiénique toute la journée surventilation de 20 vol hyg /h la nuit (20h00 – 7h00) fenêtres ouvertes l'après midi (15h00 – 17h00)	1j_20n_ouv
VMC hygiénique toute la journée fenêtres ouvertes l'après midi (15h00 – 17h00)	1j_1n_ouv

Tableau 4-8: Type de traitement d'air envisagé pour les simulations sans climatisation – période été

#### 4.6.2.2 Résultats – température résultante

	Très matin	Très midi	Très après midi	Très max moy	Très max
1j_1n	26.2	26.3	27.5	27.7	28.7
1j_20n	23.3	23.7	25	25.3	26.3
1j_20n_ouv	23.1	23.5	24.1	24.6	26.2
1j_1n_ouv	25.3	25.1	24.9	25.9	27
Text	24.8	24.7	23.9	26	27.5

Tableau 4-9 : Températures résultantes moyennes pour le mois le plus chaud par créneau horaire. – avec éclairage artificiel l'après midi.

Les deux meilleurs scénarii sont les cas 1j\_20n et 1j\_20n\_ouv, avec une baisse de la température résultante de plus de 4 degrés en début de journée grâce à la surventilation nocturne. La température est égale à 23.3 °C en début de matinée.

En cours de journée, la température reste inférieure à 25°C jusqu'à 14h00 environ et monte jusqu'à 26.3°C pendant la période extrême (26.3°C et 26.2°C en moyenne pour les deux scénarii) (voir Tableau 4-9).

L'ouverture des fenêtre l'après midi fait baisser de 1°C de plus la température dans le bureau. La température moyenne l'après-midi est égale à 25.3°C pendant tout le mois de la période chaude, ce qui est très satisfaisant.

#### 4.6.2.3 Diagramme de confort de la zone animateur pour différents types de VMC

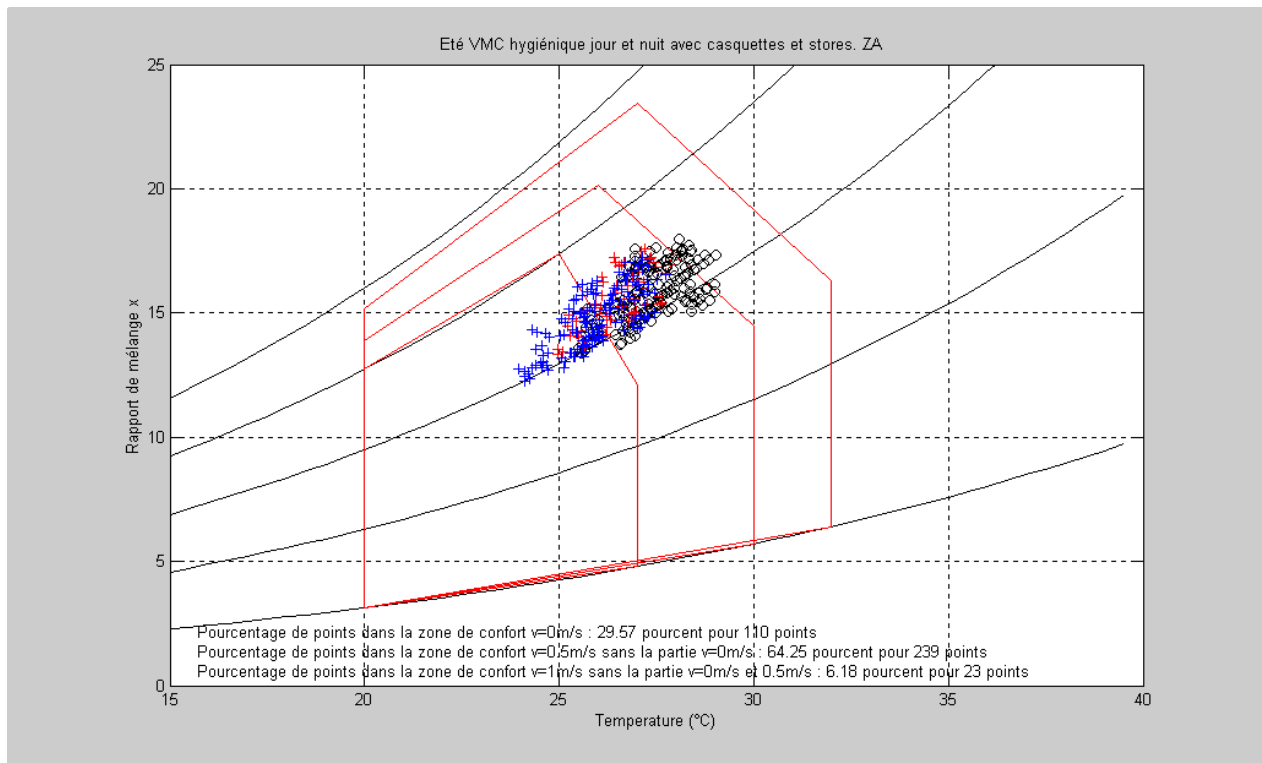


Figure 4-15 : Diagrammes de confort de la zone animateur pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi – VMC hygiénique de 1 vol/h toute la journée

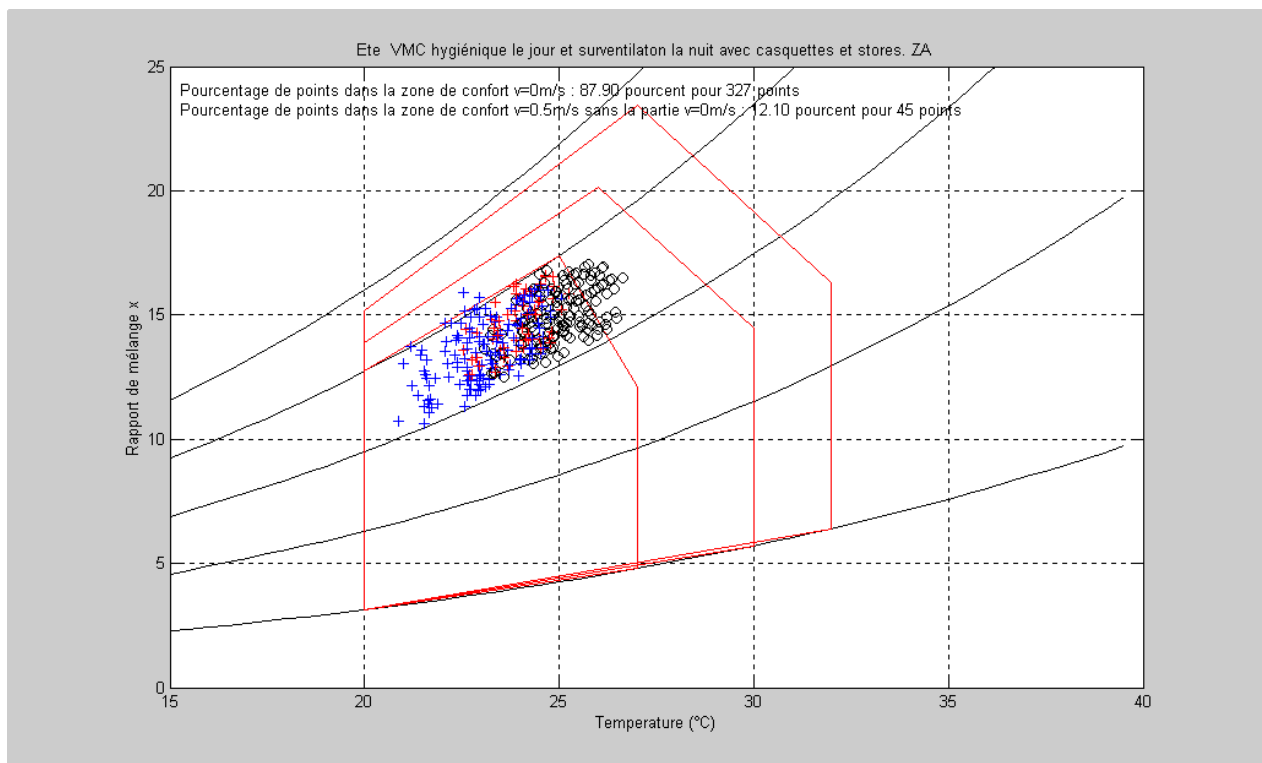


Figure 4-16 : Diagrammes de confort de la zone animateur pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi – VMC hygiénique la journée et surventilation nocturne.



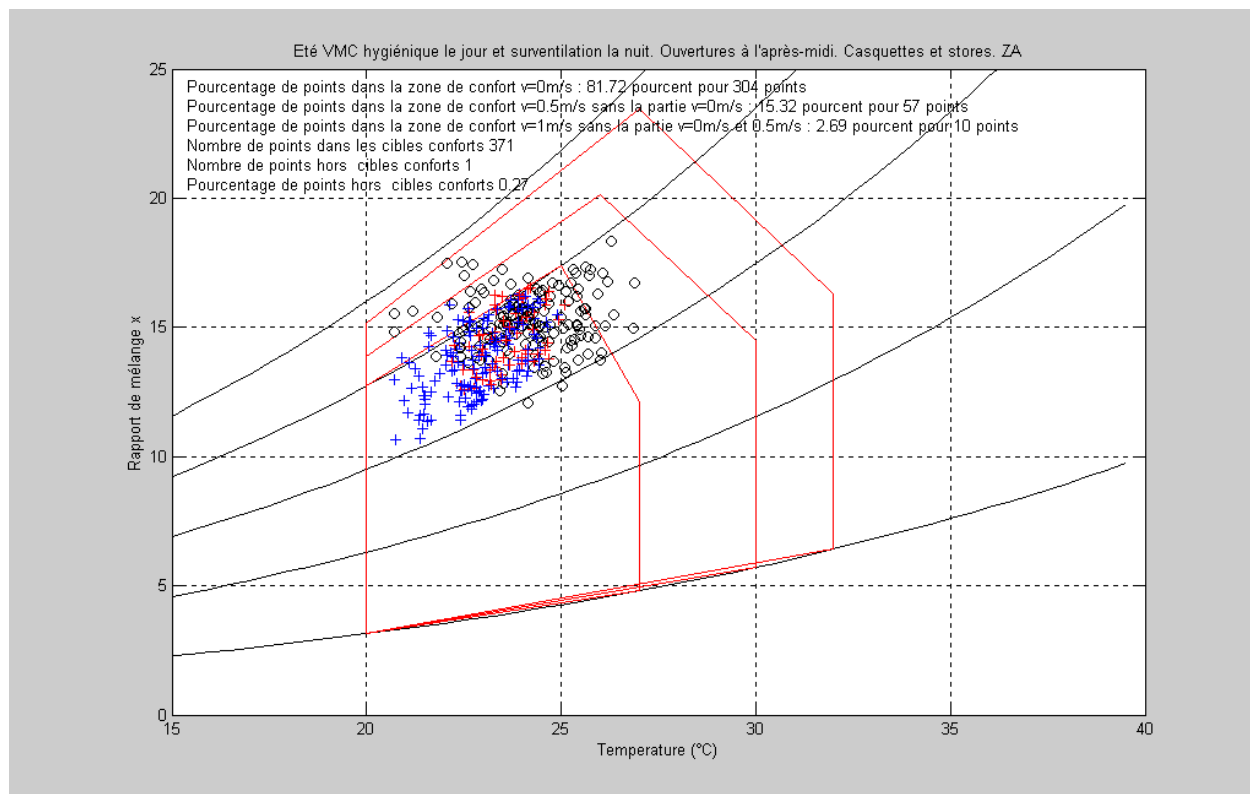


Figure 4-17 : Diagrammes de confort de la zone animateur pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi - VMC hygiénique la journée, surventilation nocturne et ouverture des fenêtres l'après midi

Le même résultat est constaté avec l'utilisation des diagrammes de confort. Les deux scénarii montrent que les conditions de confort sont atteintes avec 1j\_20n et 1j\_20n\_ouv 100% du temps dans la zone de confort 0.5 m/s.

Cette vitesse de 0.5 m/s peut être obtenue par un brasseur d'air en vitesse moyenne ou en ouvrant le fenètre.

Le meilleur résultat est obtenu pour le scénario 1j\_20n\_ouv.

Dans tous les cas, si l'occupant souhaite laisser sa fenètre fermée pour des raisons acoustiques, il peut être en condition de confort 100% du temps avec un brasseur d'air.

#### 4.6.2.4 PMV du zone animateur – période été

**PMV été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit avec casquettes et stores. ZA. Clo 1 la matin et 0.5 à partir de 13h**

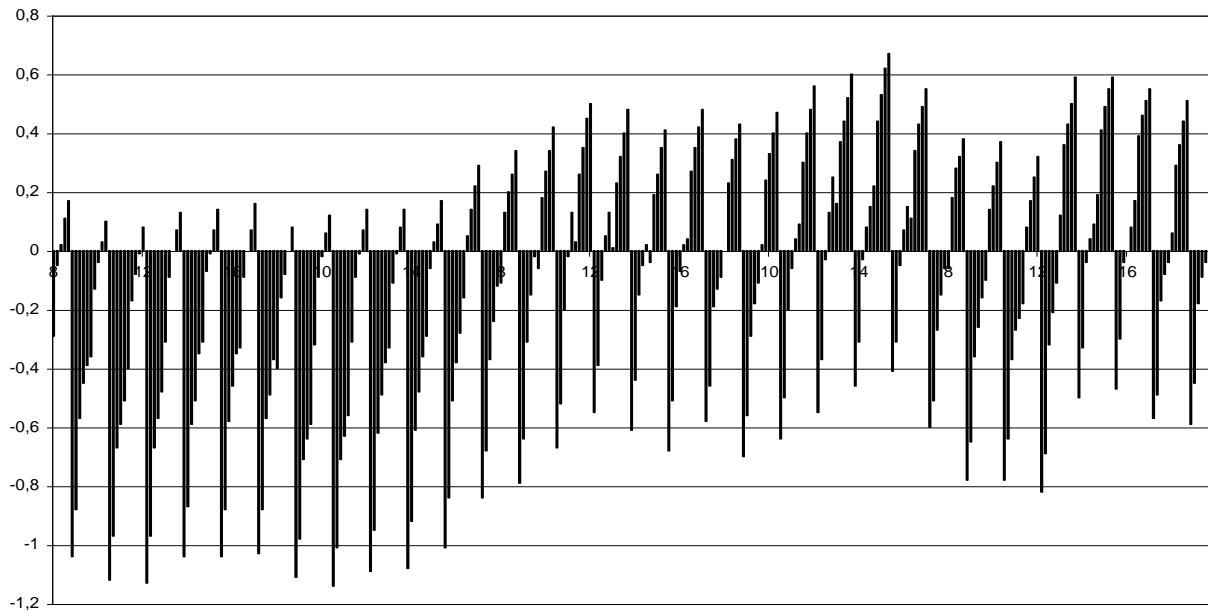


Figure 4-18 : Evolution du PMV de la zone animateur pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi – VMC hygiénique la journée et surventilation nocturne

**Été PMV VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit. Casquettes et stores. Ouvertures à l'après-midi. Clo 1 la matin et 0,5 le reste. ZA**

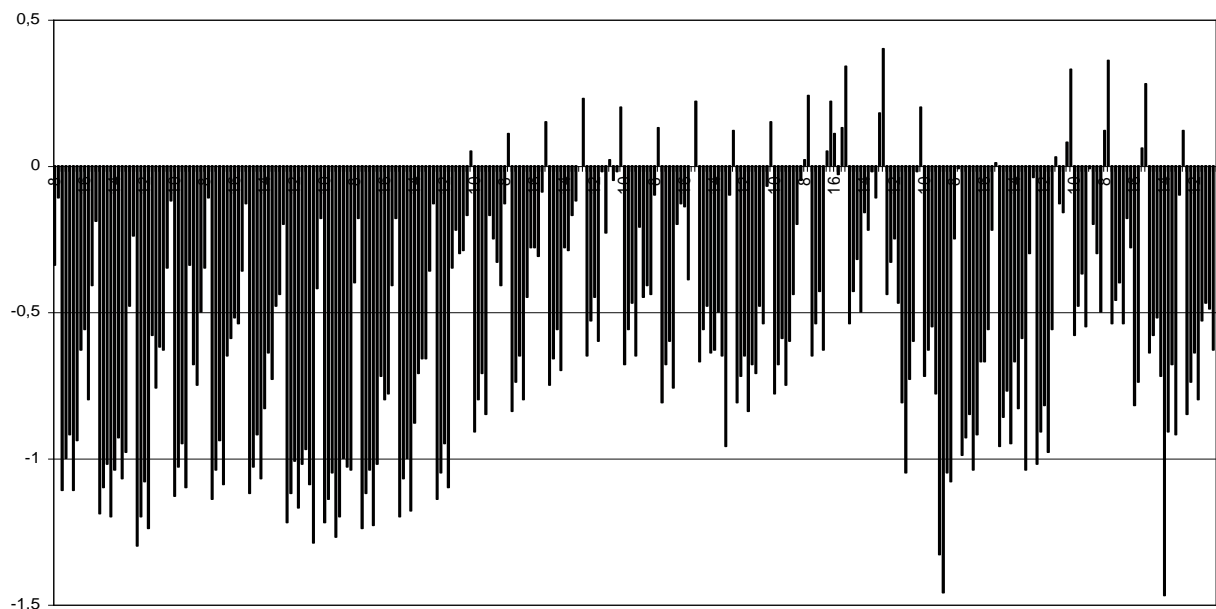


Figure 4-19 : Evolution du PMV de la zone animateur pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi - VMC hygiénique la journée, surventilation nocturne et ouverture des fenêtres l'après midi (13h00-17h00).

L'évolution du PMV durant tout le mois de la période chaude montre également que l'on dépasse rarement la limite supérieure du PMV de 0.5. L'occupant du bureau gestionnaire est donc en situation de confort 100 % du temps.

### 4.6.3 Traitement d'air hiver sans chauffage

Deux scénarii ont été envisagés pour la période hiver :

- VMC le jour uniquement.
- VMC toute la journée (pendant 24 h).

Scénario de traitement d'air pour la période Hiver	Dénomination
VMC hygiénique toute la journée Eclairage artificiel l'après midi	1j_1n
VMC hygiénique le jour VMC coupée la nuit – Eclairage artificiel l'après midi	1j_0n

Tableau 4-10 : Type de traitement d'air envisagé pour les simulations – période hiver

#### 4.6.3.1 Température résultante de la zone animateur – période hiver

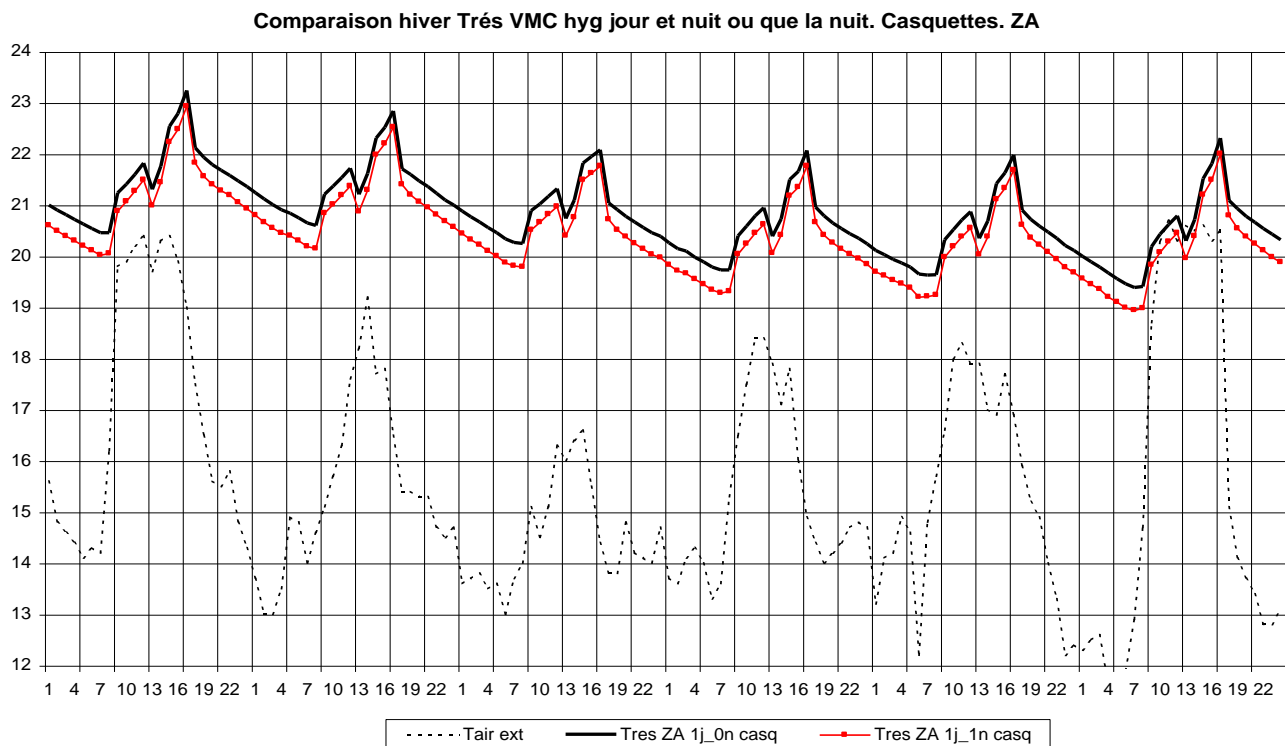


Figure 4-20 : Evolution des températures résultantes pour les 2 scénarii de ventilation mécanique – semaine froide extrême avec éclairage artificiel l'après midi.

Ecl. artificiel	Très matin	Très midi	Très après midi	Très min moy	Très min
1j_1n	20.8	21	22.2	19.9	18.9
1j_0n	21.1	21.3	22.5	20.3	19.4
Text	18.2	19	18.2	13	11.6

Tableau 4-11 : Températures résultantes moyennes pour le mois le plus froid – Eclairage artificiel

### 4.6.3.2 Risques de condensation

**Hiver VMC hygiénique que le jour. Comparaison températures de surfaces intérieures et températures de rosé. ZA**

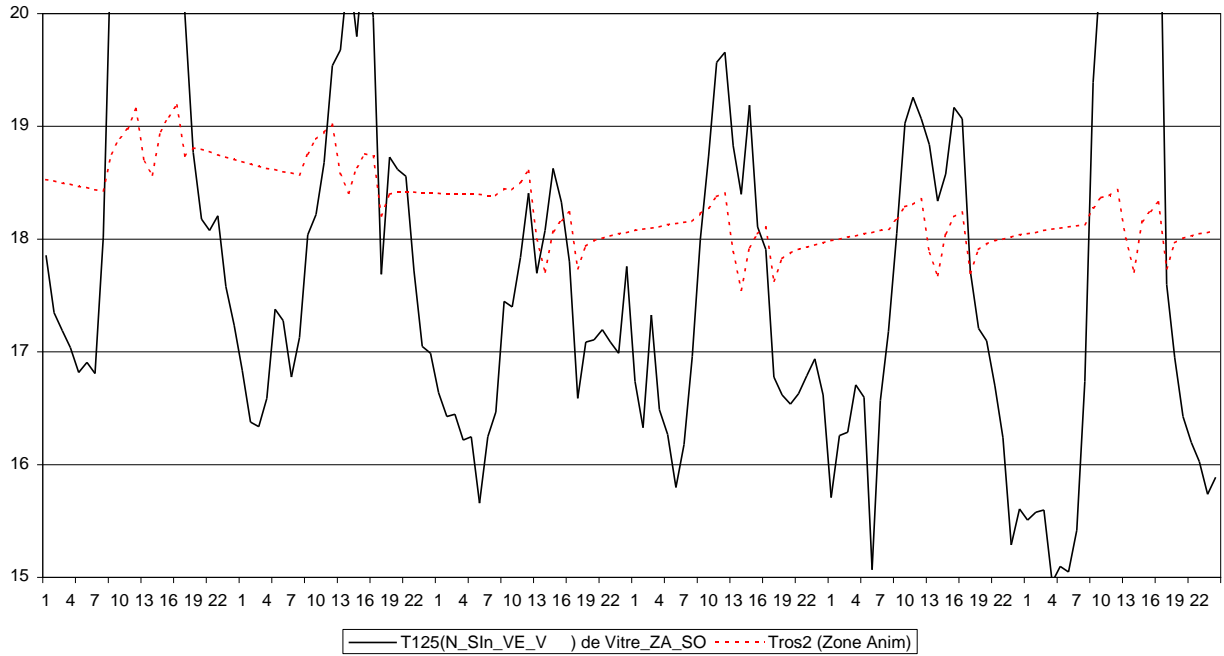


Figure 4-21 : Risques de condensation pour 1j\_0n.

**Hiver VMC hygiénique jour et nuit. Comparaison températures de surfaces intérieures et températures de rosé. ZA**

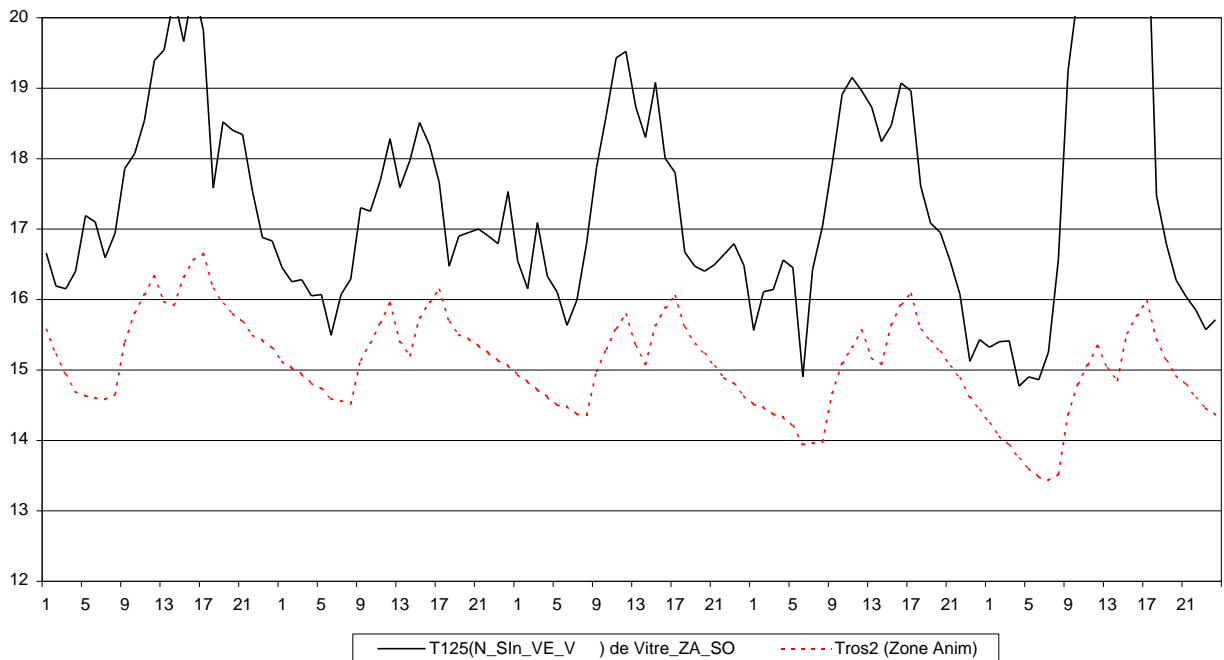


Figure 4-22 : Risques de condensation pour 1j\_1n.

#### 4.6.3.3 Diagramme de confort – Période hiver

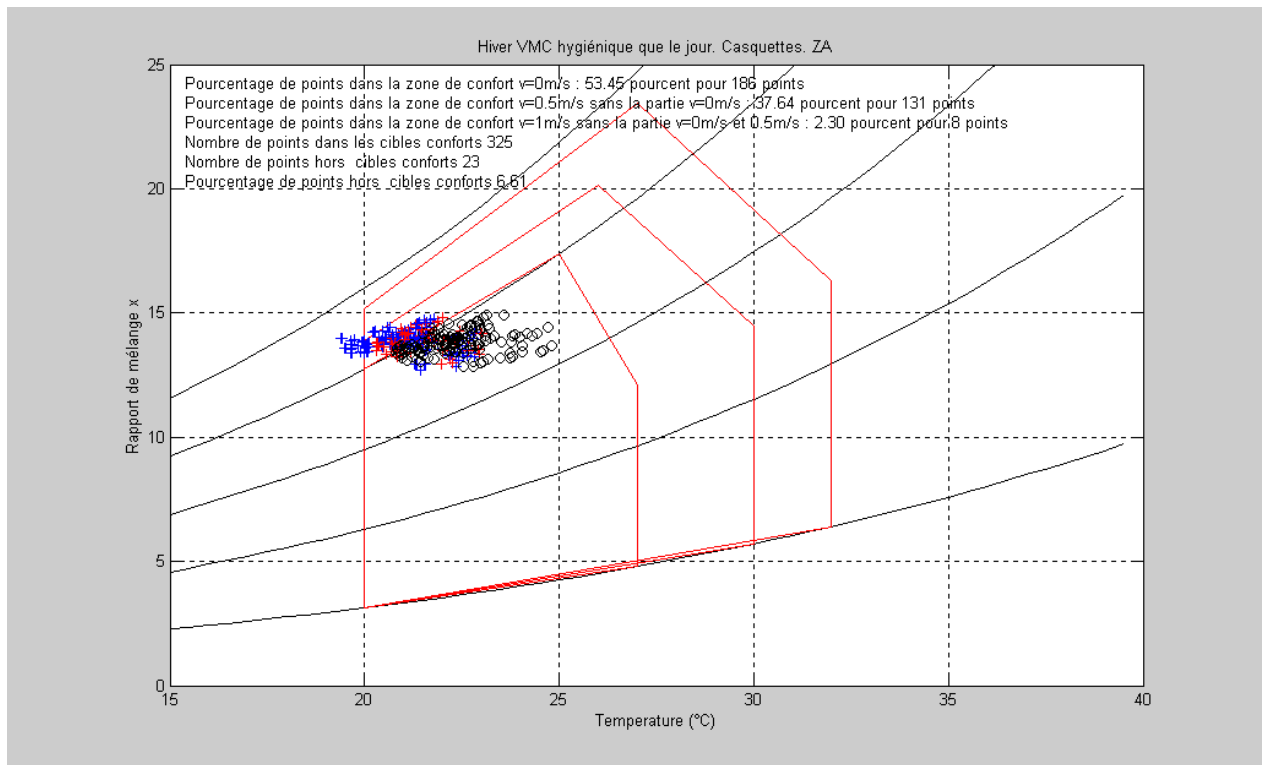


Figure 4-23 : Diagrammes de confort de la zone animateur pendant le mois d'hiver avec éclairage artificiel l'après midi – VMC hygiénique le jour seulement.

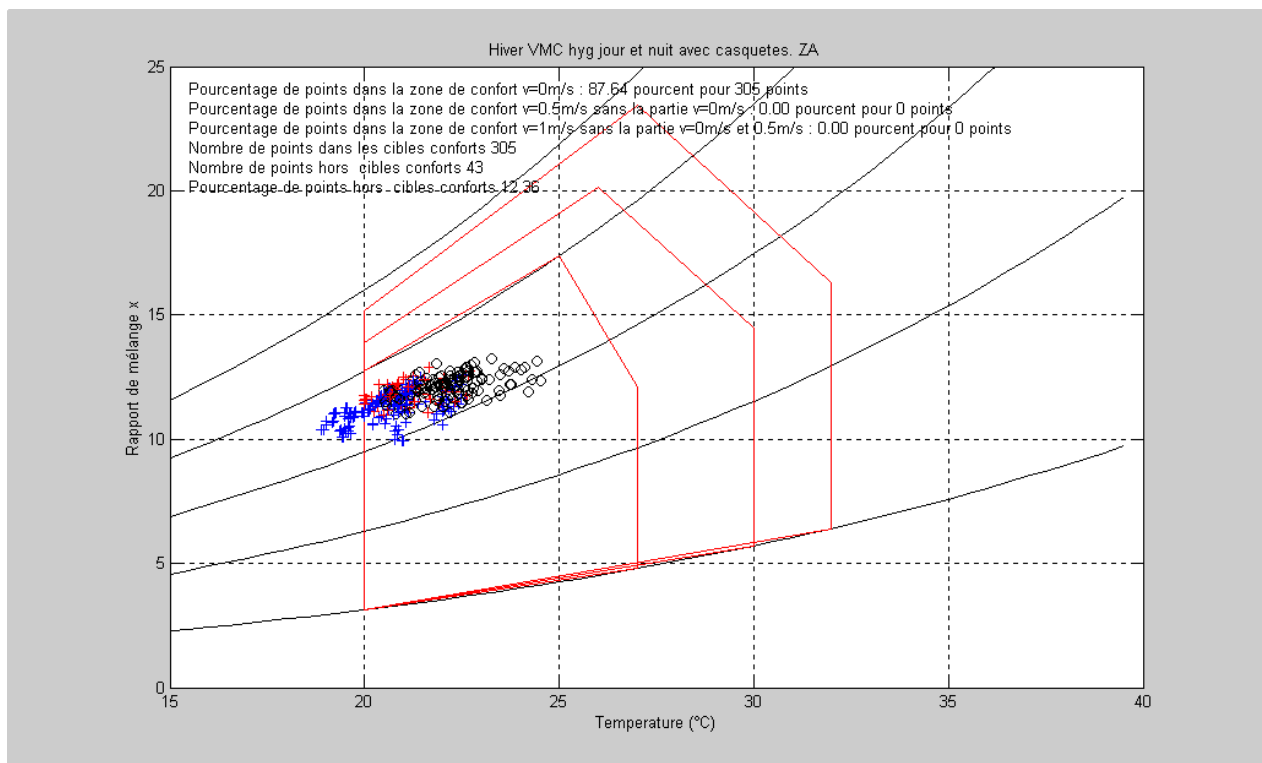


Figure 4-24 : Diagrammes de confort de la zone animateur pendant le mois d'hiver avec éclairage artificiel l'après midi – VMC hygiénique jour et nuit.

#### 4.6.3.4 PMV du bureau gestionnaire – période hiver

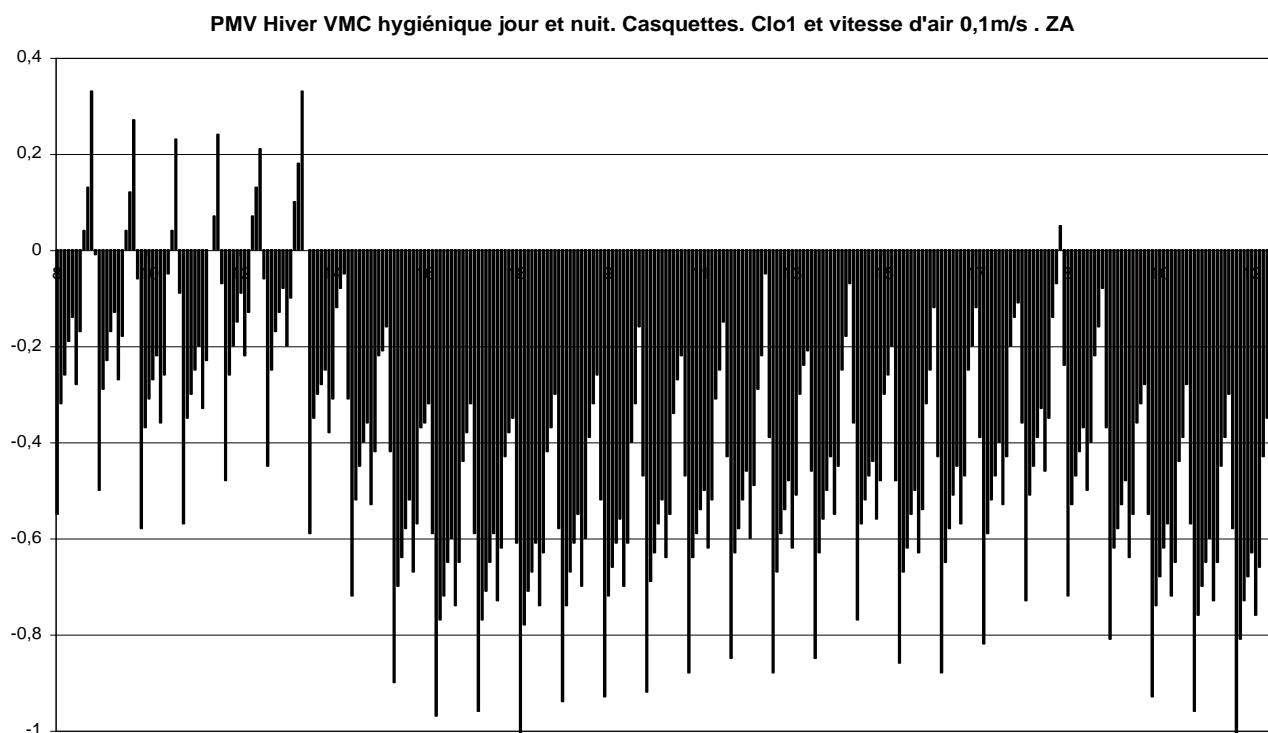


Figure 4-25 : Evolution du PMV pendant la période froide pour 1j\_1n avec éclairage artificiel l'après midi.

#### 4.6.3.5 Conclusion

L'évolution des températures représenté par la Figure 4-20 montre que lorsque la VMC est coupée la nuit, la température est légèrement plus élevée de 0.5°C dans la zone. La température minimale dans la zone est de l'ordre de 19°C la matin, ce qui est tout à fait tolérable dans un bureau.

Par contre, le fait de couper la VMC la nuit augmente le risque de condensation. En effet, la Figure 4-21 montre que le vitrage condense pratiquement tout le temps.

Par contre, dès que la VMC fonctionne jour et nuit, les risques de condensation sont évités tout le temps, comme le montre la Figure 4-22.

Enfin les diagramme de confort des Figure 4-23 et Figure 4-24 confirment ce fait puisque l'on constate des points température/humidité plus proche de la courbe de saturation lorsque la VMC est coupée la nuit.

L'évolution du PMV montre que les occupants ont une sensation de froid seulement une heure en début de journée. Après, le PMV reste supérieur à -0.5.

En conclusion, nous montrons que l'occupant de la zone animateur est en situation de confort pendant toute la période hivernale et que le meilleur scénario de VMC est un fonctionnement permanent de 1 vol/h pour éviter tout risque de condensation.

#### 4.6.4 Traitement de l'air avec climatisation

Nous avons envisagé de comparer ici trois scénarii de traitement d'air pour comparer les appels de puissance et la consommation énergétique.

- Projet initial : VMC hygiénique avec climatisation.
- Proposition de modification : VMC hygiénique le jour, surventilation nocturne et climatisation l'après midi.
- Utilisation de brasseurs d'air uniquement

Nous avons également considéré l'influence de l'éclairage naturel/artificiel sur la consommation et l'appel de puissance.

Le tableau ci-dessous synthétise l'ensemble des résultats durant la période chaude.

	P <sub>max</sub> (kW)	Ratio (W/m <sup>2</sup> )	E <sub>frigo tot</sub> (kWh)	E <sub>élec tot</sub> (kWh)	Ratio (kWh/m <sup>2</sup> )
1. Climatisation toute la journée Eclairage naturel	1.77	33.75	145.91	48.64	0.93
2. Climatisation toute la journée Eclairage artificiel l'après midi	2.44	46.52	226.08	75.36	1.44
3. VMC jour (1 vol/h) surventilation nocturne Climatisation l'après midi Eclairage naturel	0.78	14.87	20.33	6.78	0.13
4. VMC jour (1 vol/h) surventilation nocturne Climatisation l'après midi Eclairage artificiel l'après midi	1.54	29.36	44.54	14.85	0.28
5. VMC jour (1 vol/h) surventilation nocturne Utilisation de brasseur d'air pendant 1h Eclairage naturel	0.2	3.8		4	0.076
6. VMC jour (1 vol/h) surventilation nocturne Utilisation de brasseur d'air pendant 2-3h Eclairage artificiel	0.2	3.8		9.8	0.18

Tableau 4-12 : Comparaison de la puissance maximale et de la consommation énergétique pour divers scénarii de climatisation.

#### Conclusion sur le traitement d'air avec climatisation

L'utilisation de l'éclairage artificiel seulement l'après midi augmente l'appel de puissance et la consommation énergétique de plus de 35 % en moyenne en cas d'utilisation de la climatisation. Il s'agit donc d'un poste très important à contrôler par une GTC optimisée.

Le recours à la surventilation nocturne permet de retarder l'utilisation de la climatisation et de diminuer notablement l'appel de puissance et la consommation énergétique. Si l'on compare les cas 2 et 4, l'appel en puissance et la consommation énergétique ont chuté de 40 % !!

**La meilleure solution d'un point de vue appel de puissance et énergie reste toutefois le recours aux brasseurs d'air puisque pour un bureau, la consommation et l'appel de puissance sont 12 fois plus faibles par rapport à une solution de climatisation conventionnelle.**

## 5 ANALYSE DE LA ZONE « ADMINISTRATION » DE LA MEDIATHEQUE

L'étude fine menée sur la zone des bureaux Sud-Ouest baptisée « Zone Animateur » a permis d'identifier des scénarii de traitement d'air et une conception thermique permettant d'éviter la climatisation. Nous allons maintenant appliquer les mêmes scénarii à l'administration entière.

Nous avons simulé l'administration de la médiathèque en un bâtiment constitué de 6 zones thermiques :

- Zone Animateur (composée du bureau informatique, des bureaux animateurs et du secrétariat).
- Zone Salle de réunion.
- Zone Détente.
- Zone Conservateur.
- Zone Comptabilité.
- Zone Sombre (composée du couloir, des archives, du local GTC et des sanitaires).

### 5.1 Profils de charge internes

	Nb personnes	Activité (Met)	Imprimante	PC	Photocopieur	Eclairage
Animateur	4	1	0	4	0	13-17h
Salle de réunion	10	1	0	1	0	13-17h
Détente	1	1	0	1	0	13-17h
Conservateur	1	1	0	1	0	13-17h
Comptabilité	1	1	0	1	0	13-17h
Zone sombre	1	1.2	0	1	0	8-17h

Tableau 5-1 : Hypothèses de profils de charges internes pour la zone "Administration"

### 5.2 Objectifs recherchés

Les objectifs de simuler l'administration en 6 zones sont les suivants :

- Vérifier le bon dimensionnement des protections solaires.
- Vérifier que la climatisation peut être évitée et que les conditions de confort dans l'administration peuvent être atteintes sans climatisation.
- Valider le traitement d'air appliqué sur la zone « Animateur » à l'ensemble de l'administration.
- Vérifier qu'il n'y a pas de problème de condensation et d'humidité dans le bâtiment.

### 5.3 Simulations réalisées

#### Amélioration de l'enveloppe « administration » :

- Brises soleil horizontaux
- Jalousies verticales
- Stores vénitiens

#### Traitement d'air :

- Traitement d'air été – pas de climatisation
- Traitement de l'air avec climatisation
- Traitement d'air hiver – pas de chauffage



## 5.4 Type de bâtiment simulé

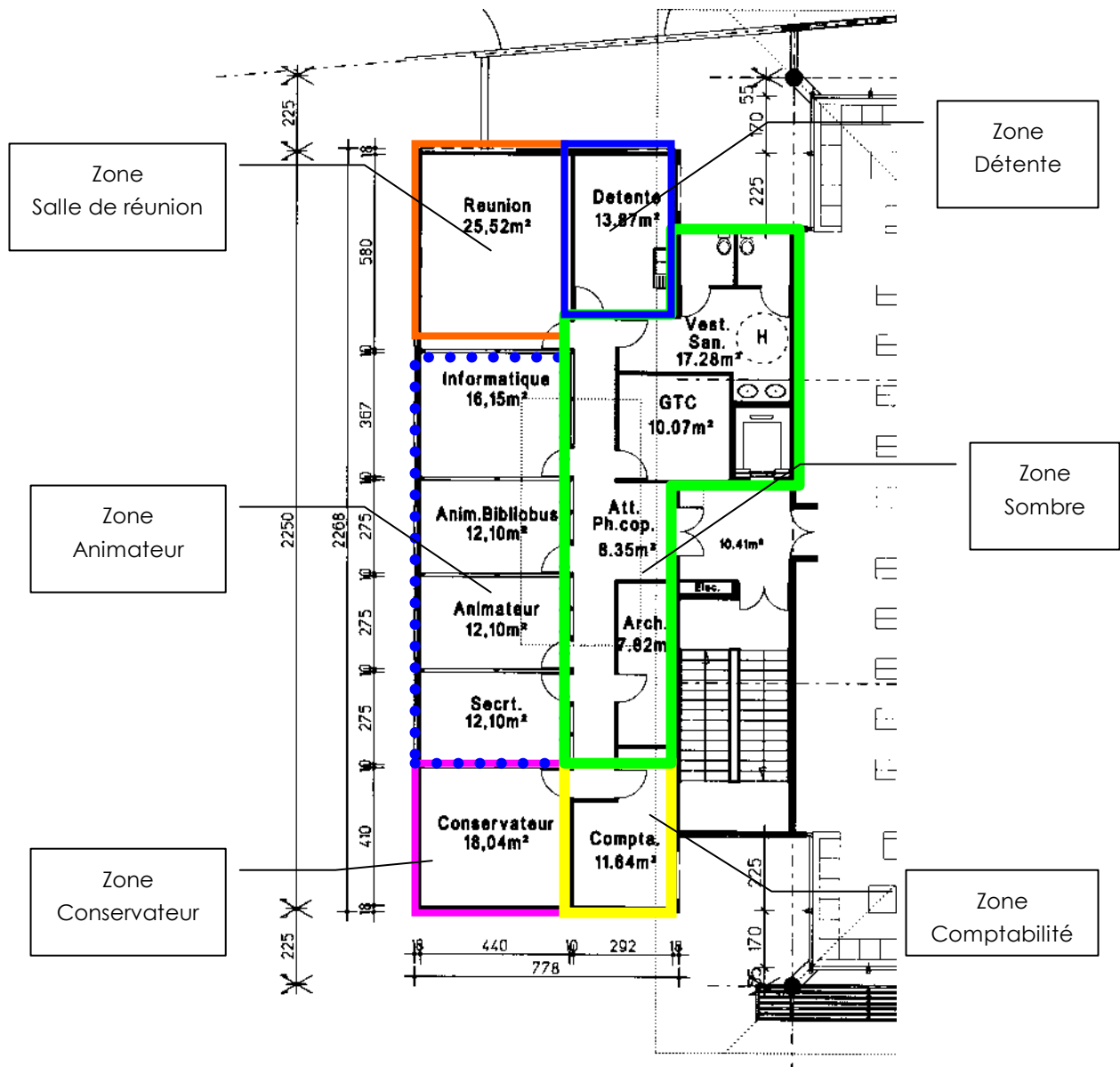


Figure 5-1 : Etude du bâtiment « Administration » - Définition des zones thermiques étudiées.

## 5.5 Présentation des résultats – Conception thermique

### 5.5.1 Impact de la protection solaire des baies

Nous rappelons les configurations de protection envisagées sont précisées ci-dessous :

- Cas 1 : Sans protection.
- Cas 2 : Casquette horizontale 80 cm.
- Cas 3 : Casquette horizontale 80 cm + store intérieur.
- Cas 4 : Casquette horizontale 80 cm + store intérieur + joues verticales.
- Cas 5 : Casquette infinie.

#### 5.5.1.1 Salle de réunion

Comparaison été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit avec différentes protections solaires. ZR

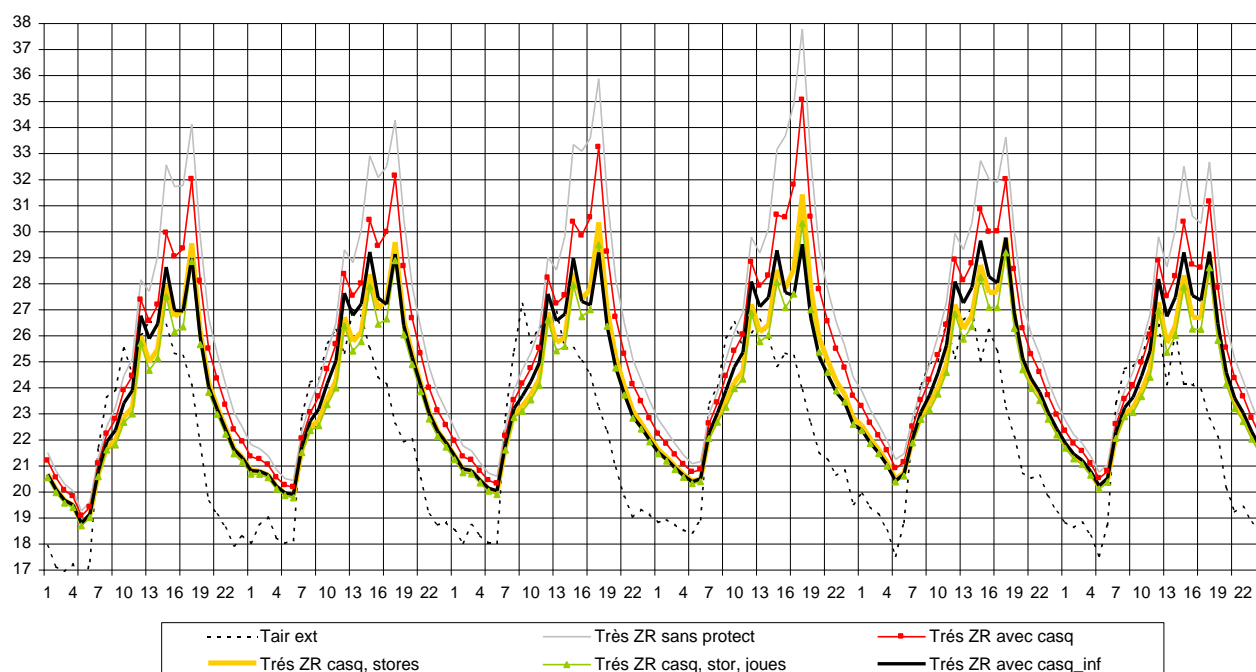


Figure 5-2 : Salle de réunion - Evolution de la température résultante pour les différentes configurations de protection solaire.

	Très matin	Très midi	Très après midi	Très max moy	Tres max
Cas 1	25.6	28.1	30	32.7	39.1
Cas 2	24.9	26.9	28.4	31.2	36.4
Cas 3	23.9	25.3	26.6	29	32.3
Cas 4	23.7	25	26.2	28.4	31.1
Cas 5	24.5	26.3	27.2	28.7	30

Tableau 5-2 : Salle de réunion - Températures résultantes moyennes pour le mois de décembre par créneau horaire.

### 5.5.1.2 Conservateur

**Comparaison été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit avec différentes protections solaires. ZC**

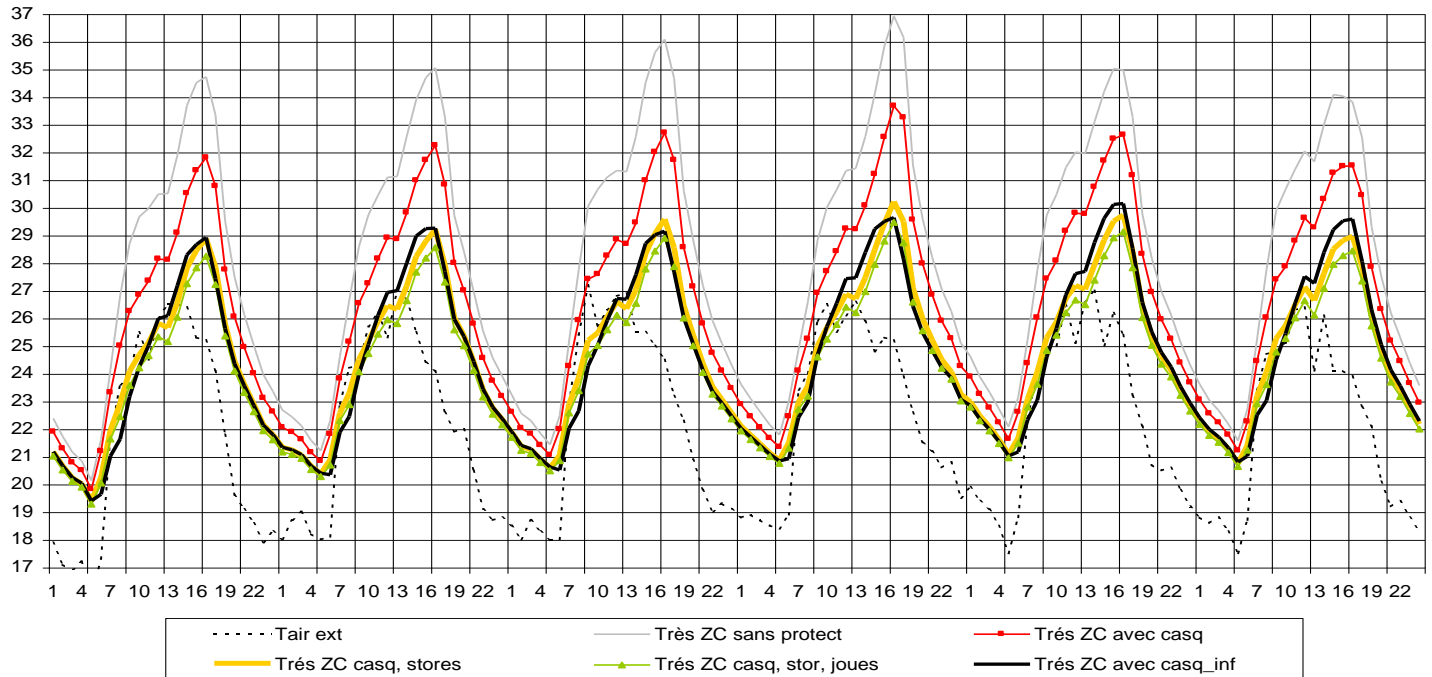


Figure 5-3 : Conservateur- Evolution de la température résultante pour les différentes configurations de protection solaire.

	Très matin	Très midi	Très après midi	Très max moy	Tres max
Cas 1	29	30.7	32.6	33.1	37.1
Cas 2	27	28.7	30.5	31	34.3
Cas 3	25.1	26.3	28.1	28.5	30.2
Cas 4	24.6	25.8	27.6	28	29.5
Cas 5	25	27	28.7	28.9	30.1

Tableau 5-3 : Conservateur - Températures résultantes moyennes pour le mois de décembre par créneau horaire.

### 5.5.1.3 Détente

Comparaison été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit avec différentes protections solaires. ZD

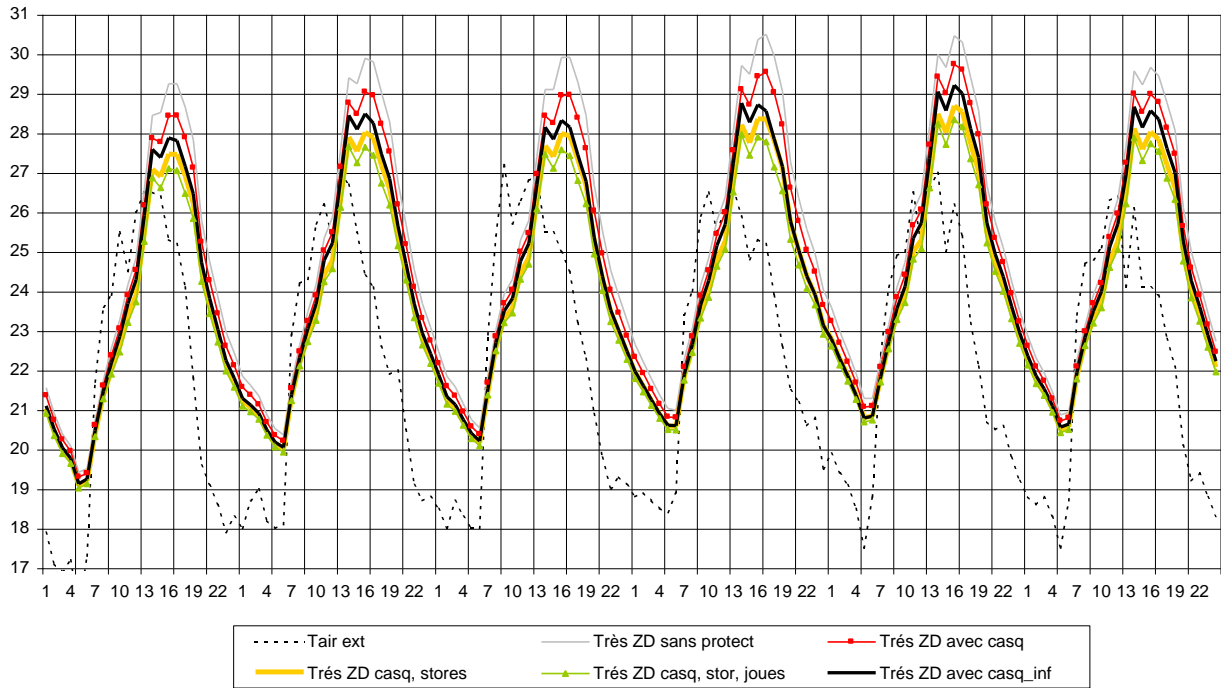


Figure 5-4 : Détente - Evolution de la température résultante pour les différentes configurations de protection solaire

	Très matin	Très midi	Très après midi	Très max moy	Tres max
Cas 1	24.2	27.8	28.5	28.9	30.5
Cas 2	23.9	27.3	27.9	28.3	29.7
Cas 3	23.5	26.6	27.1	27.5	28.7
Cas 4	23.4	26.4	26.8	27.2	28.5
Cas 5	23.8	27.1	27.6	28	29.3

Tableau 5-4 : Détente - Températures résultantes moyennes pour le mois de décembre par créneau horaire.

## Comptabilité

### Comparaison été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit avec différentes protections solaires. Zcompta

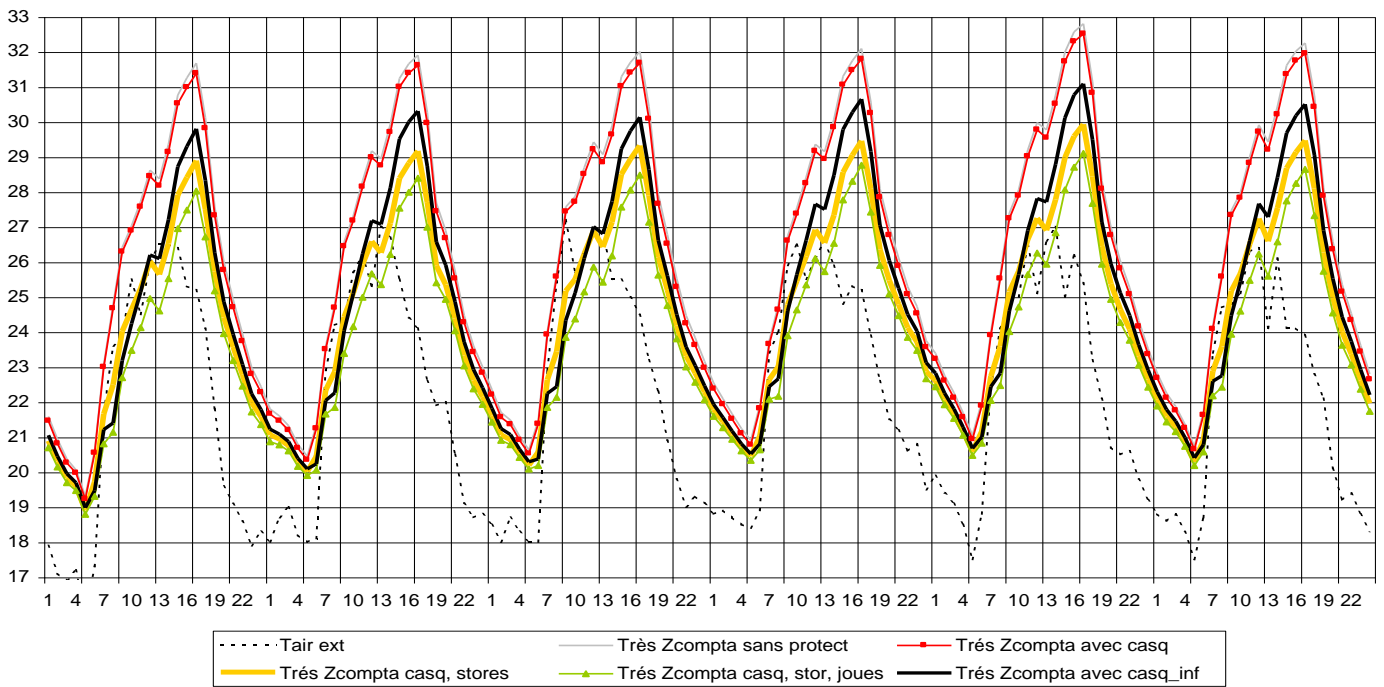


Figure 5-5 : Comptabilité - Evolution de la température résultante pour les différentes configurations de protection solaire

	Très matin	Très midi	Très après midi	Très max moy	Tres max
Cas 1	27	28.8	30.9	31.3	32.8
Cas 2	26.9	28.6	30.6	31	32.5
Cas 3	24.9	26.3	28.4	28.8	29.9
Cas 4	24	25.4	27.6	28.1	29.1
Cas 5	24.9	27.1	29.4	29.8	31.1

Tableau 5-5 : Comptabilité - Températures résultantes moyennes pour le mois de décembre par créneau horaire – salle de réunion

### 5.5.1.4 Calcul du coefficient d'ensoleillement été

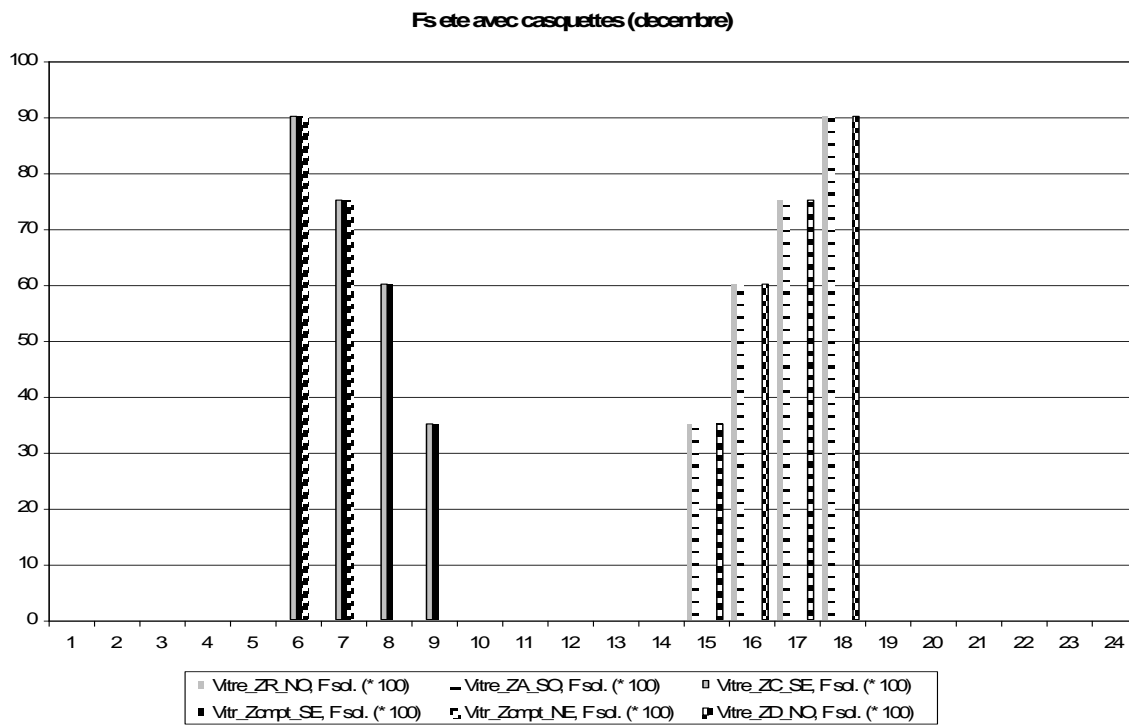


Figure 5-6 : Coefficient d'ensoleillement sur les vitrages de toutes les zones – protection solaire avec casquettes – mois de décembre.

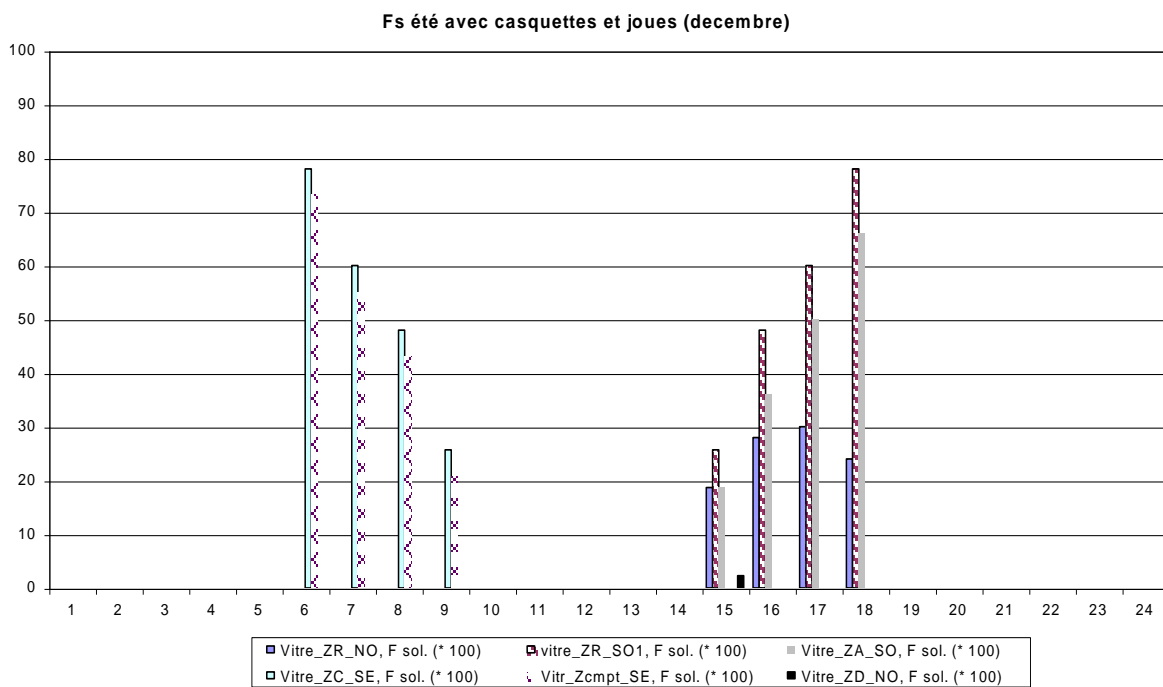


Figure 5-7 : Coefficient d'ensoleillement sur les vitrages de toutes les zones – protection solaire avec casquettes et joues – mois de décembre.

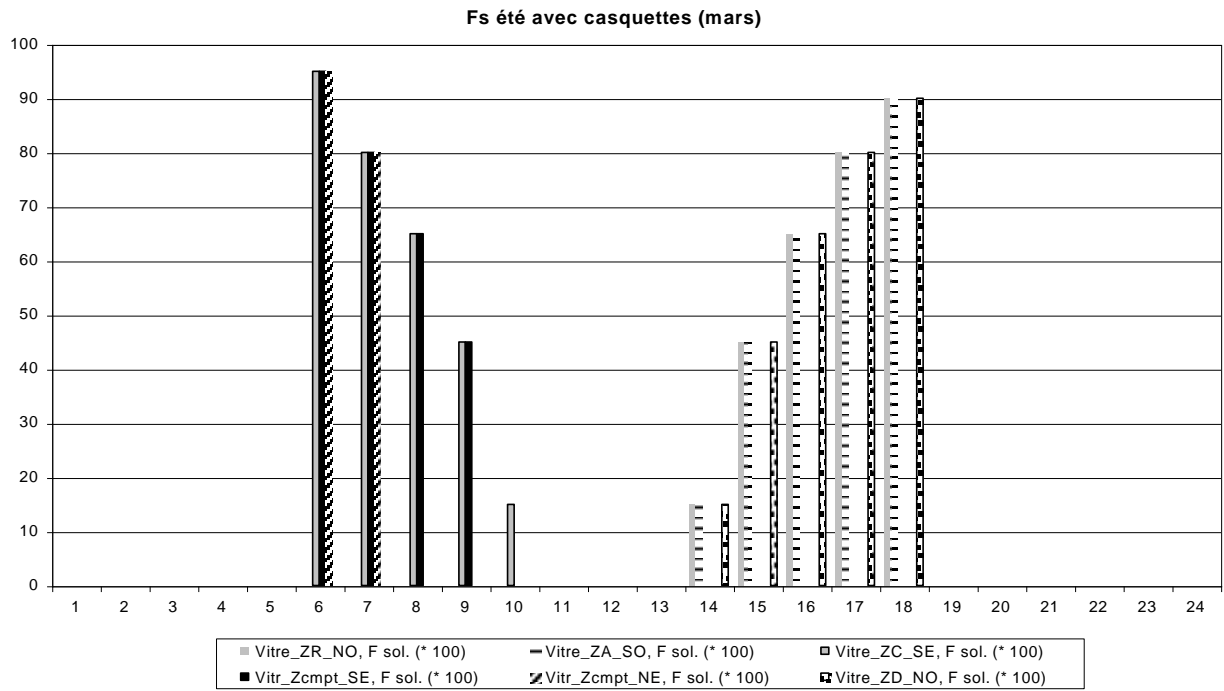


Figure 5-8 : Coefficient d'ensoleillement sur les vitrages de toutes les zones – protection solaire avec casquettes– mois de mars.

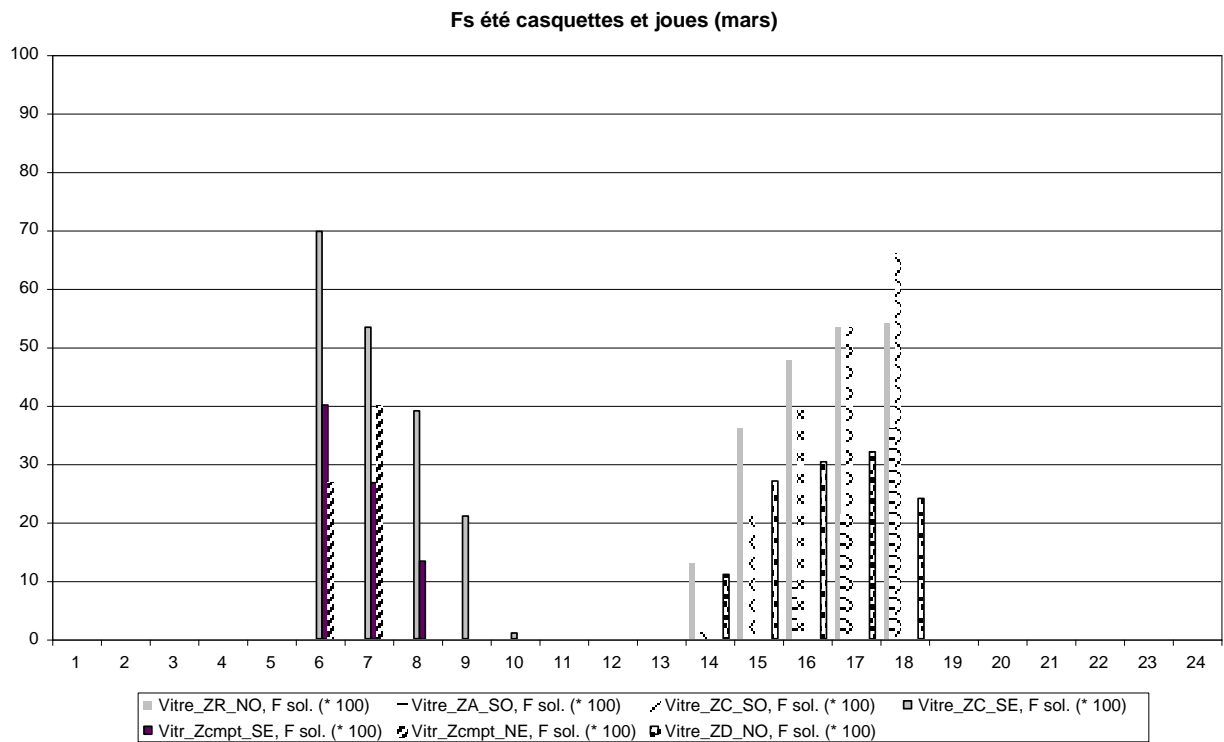


Figure 5-3 : Coefficient d'ensoleillement sur les vitrages de toutes les zones – protection solaire avec casquettes et joues – mois de mars.

### 5.5.1.5 Calcul du coefficient d'ensoleillement hiver

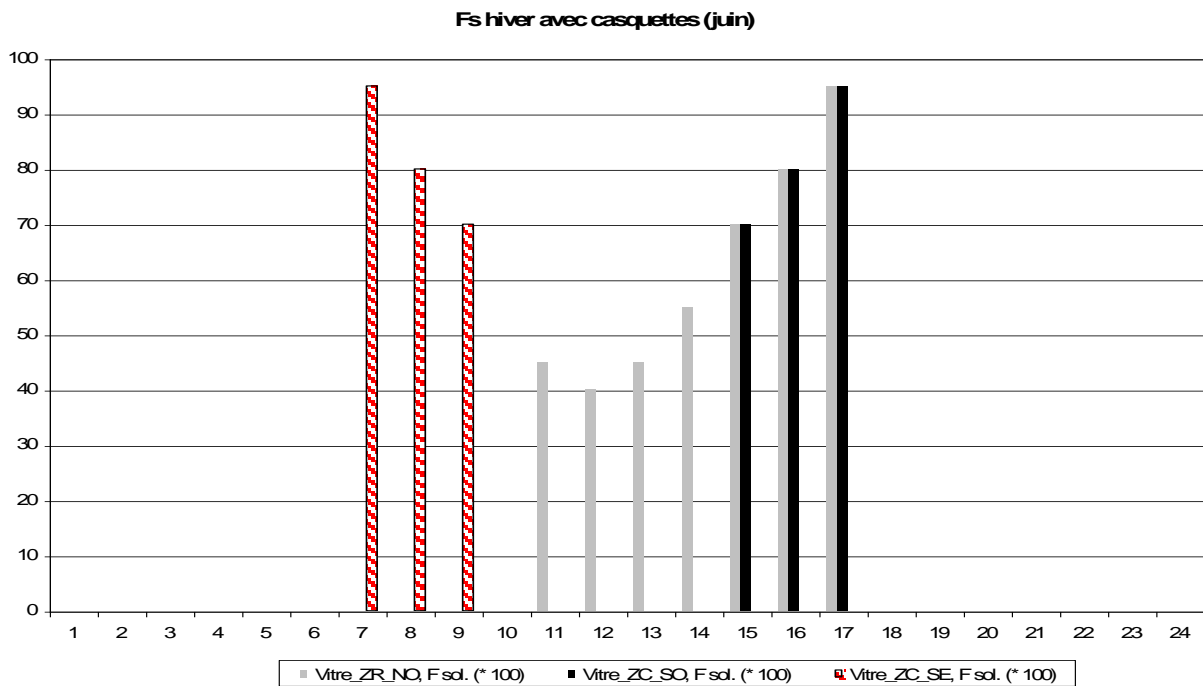


Figure 5-9 : Coefficient d'ensoleillement sur les vitrages de toutes les zones – protection solaire avec casquettes – mois de juin.

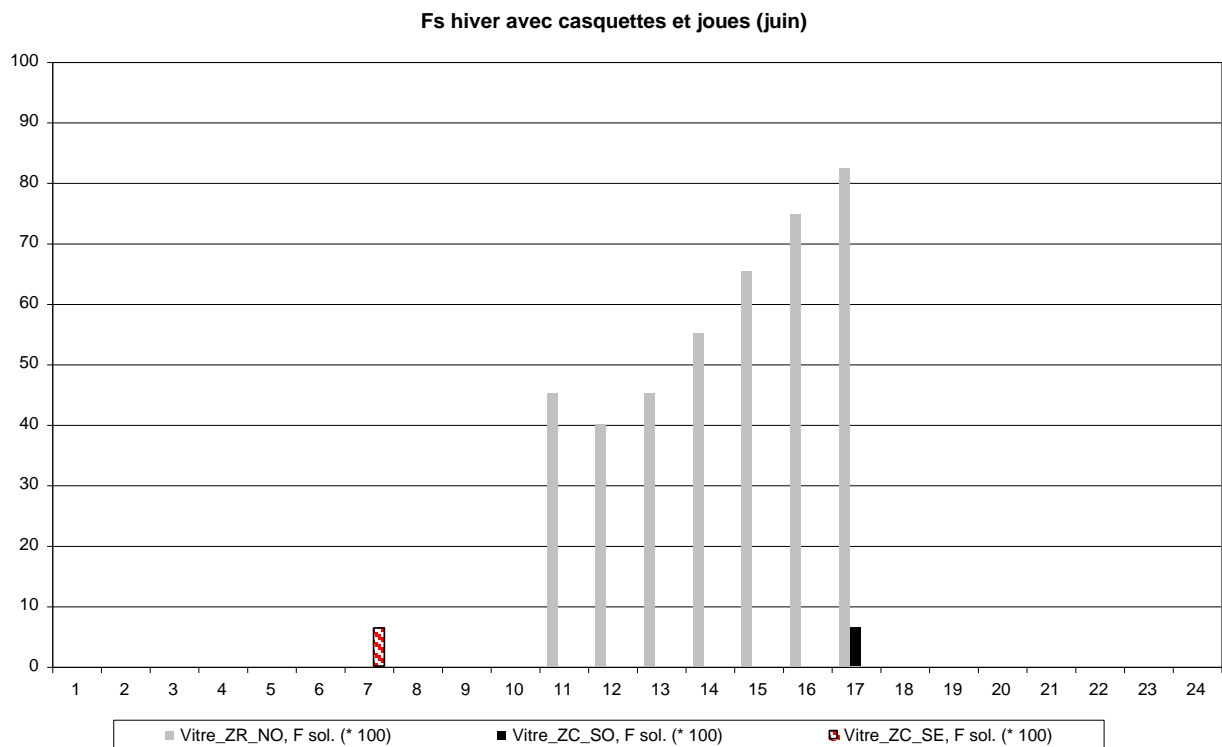


Figure 5-10 : Coefficient d'ensoleillement sur les vitrages de toutes les zones – protection solaire avec casquettes et joues – mois de juin.

### 5.5.1.6 Protection solaire des vitrages : Commentaires par zone thermique – période été



### Salle de réunion

La zone « Salle de réunion » est la zone la plus chaude de l'administration avec une température résultante maximale pouvant dépasser 32°C (cas 3).

Il semble que le cas 4 (avec joues) apporte une nette amélioration l'après midi. La température maximale est diminuée de 1°C en n'atteint plus que 31.1°C.

Par ailleurs, l'analyse des coefficients d'ensoleillement montre que les joues Nord Ouest améliorent nettement la qualité de la protection solaire.

**La meilleure solution pour la salle de réunion est donc une protection solaire avec brises soleil horizontaux et joue verticales.**

### Conservateur

Le cas 4 (avec joue) améliore la température résultante par rapport au cas 3 (sans joue) de 0,5°C en moyenne. La température résultante maximale moyenne dans cette zone est de 28.5°C (cas 3) et 28°C (cas 4).

L'analyse des coefficients d'ensoleillement en été montre que les joues verticales sont plus efficaces en mars qu'en décembre. Elles protègent efficacement le vitrage à partir de 9h00. par contre, en juin, celles-ci ne laissent pas passer les rayons du soleil.

Nous optons dans la cas du conservateur pour **une protection solaire avec brises-soleil horizontaux seulement**. Le choix définitif sera laissé à la discrétion du maître d'ouvrage.

### Comptabilité

Le cas 4 (avec joue) améliore la température résultante du matin de 1°C en moyenne par rapport au cas 3 (sans joue). La température résultante maximale moyenne dans cette zone est de 28.8°C (cas 3) et 28.1°C (cas 4).

L'analyse des coefficients d'ensoleillement en été montre que les joues verticales sont plus efficaces en mars qu'en décembre. Elles protègent efficacement le vitrage à partir de 9h00. par contre, en juin, celles-ci ne laissent pas passer les rayons du soleil.

Nous optons dans la cas du conservateur pour **une protection solaire avec brises-soleil horizontaux seulement**. Le choix définitif sera laissé à la discrétion du maître d'ouvrage.

### Détente

Le cas 4 (avec joue) améliore la température résultante du matin de 0.3°C en moyenne par rapport au cas 3 (sans joue). La température résultante maximale moyenne dans cette zone est de 27.5°C (cas 3) et 27.2°C (cas 4).

**Il n'est pas utile de rajouter des joues dans cette zone.**

## 5.6 Présentation des résultats - Traitement de l'air

### 5.6.1 Traitement d'air été – pas de climatisation

Nous avons simulé dans cette section uniquement les deux scénarii de ventilation retenus pour la zone « animateur », à savoir :

- Ventilation hygiénique le jour, surventilation nocturne de 20 volumes hygiéniques (1j\_20n)
- Ventilation hygiénique le jour, surventilation nocturne de 20 volumes hygiéniques, fenêtres ouverte l'après midi de 15h00 à 17h00 (1j\_20n\_ouv).

#### 5.6.1.1 Température résultante dans les zones de l'administration – 1j\_20n

Tres été VMC hyg le jour et survent la nuit avec casquettes et stores

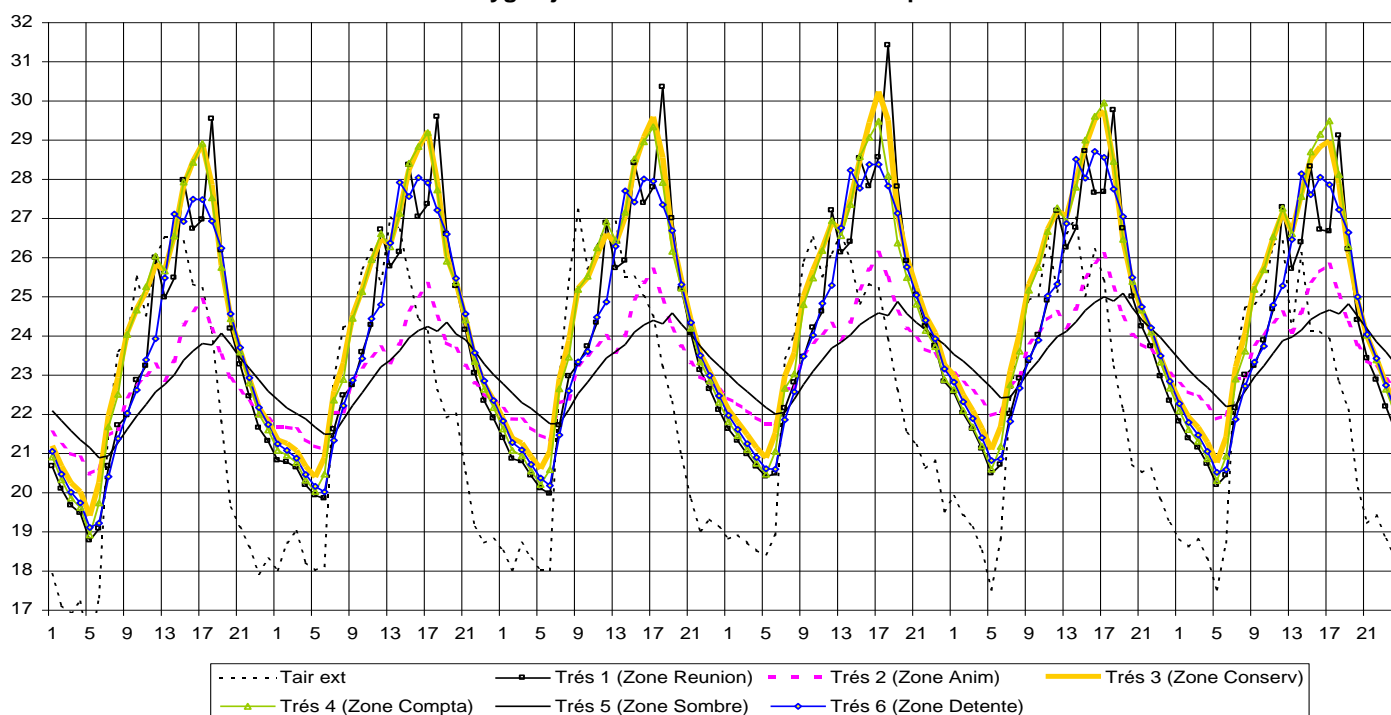


Figure 5-11 : Evolution des températures résultantes dans les six zones (Animateur, salle de réunion, comptabilité, conservateur, détente, couloir) pour le scénario 1j\_20n – période chaude extrême avec éclairage artificiel l'après midi.

	Très matin	Très midi	Très après midi	Très max moy	Très max
Zone Animateur	23.3	23.7	25	25.3	26.3
Salle de réunion	23.9	25.3	26.6	28.9	32.4
Compabilité	24.9	26.3	28.4	28.8	29.9
Conservateur	25.1	26.3	28.1	28.4	30.2
Détente	23.5	26.6	27.1	27.4	28.7
Zone sombre	22.7	23.5	24	24.2	25.3

Tableau 5-6 : Températures résultantes moyennes pour le mois le plus chaud par créneau horaire. – avec éclairage artificiel l'après midi - 1j\_20n



### 5.6.1.2 Température résultante dans les zones de l'administration – 1j\_20n\_ouv

**Été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit. Casquettes et stores. Ouvertures à l'après-midi**

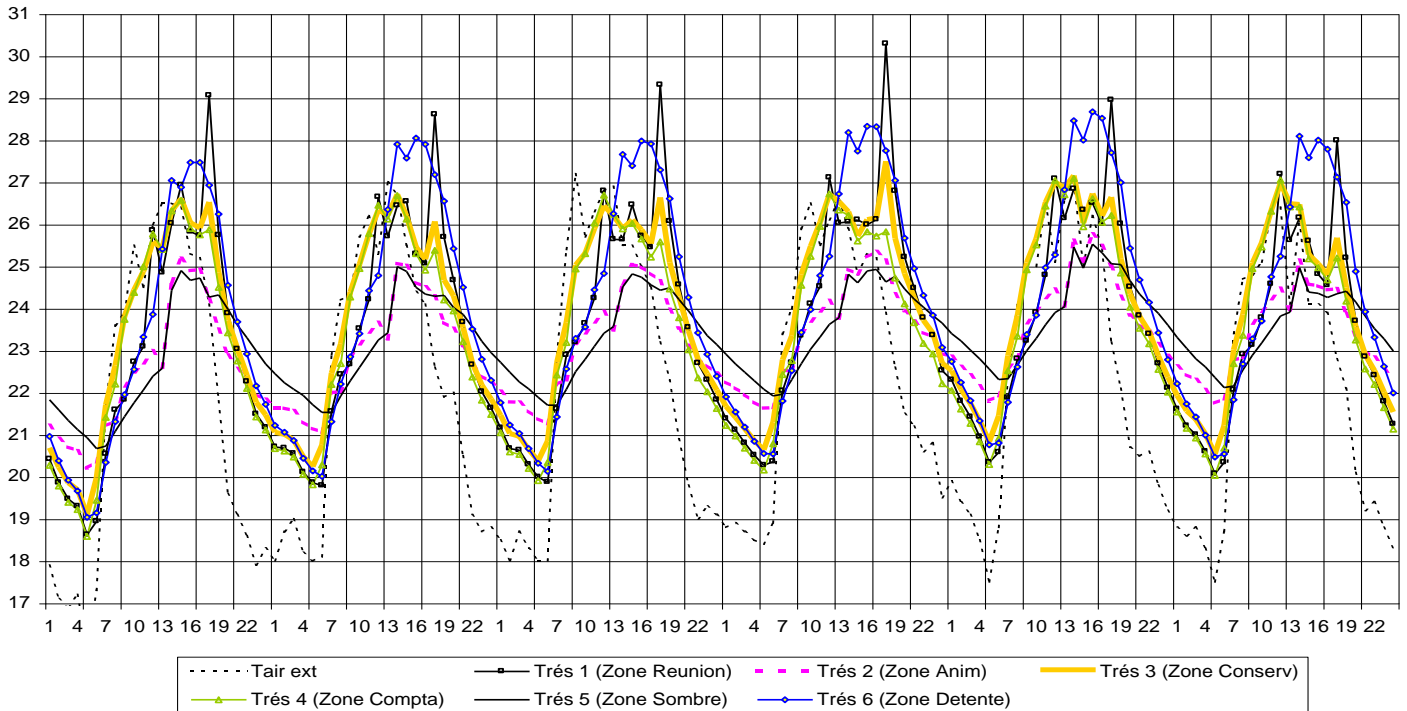


Figure 5-12 : Evolution des températures résultantes dans les six zones (Animateur, salle de réunion, comptabilité, conservateur, détente, couloir) pour le scénario 1j\_20n\_ouv – période chaude extrême avec éclairage artificiel l'après midi.

	Très matin	Très midi	Très après midi	Très max moy	Très max
Zone Animateur	23.1	23.6	24.1	24.6	26.2
Salle de réunion	23.8	24.9	24.7	28	31.5
Compabilité	24.7	25.3	24.6	26.3	27.4
Conservateur	24.8	25.4	24.7	26.3	28.5
Détente	23.4	26.5	27	27.4	28.7
Zone sombre	22.5	23.5	23.9	24.3	25.9

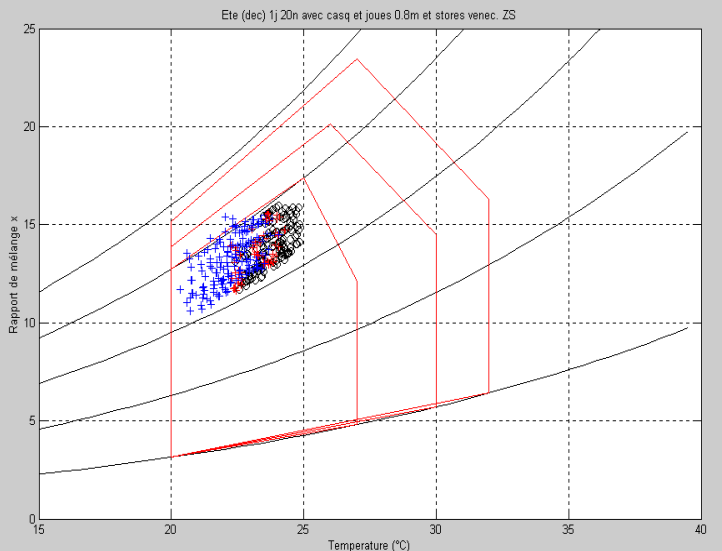
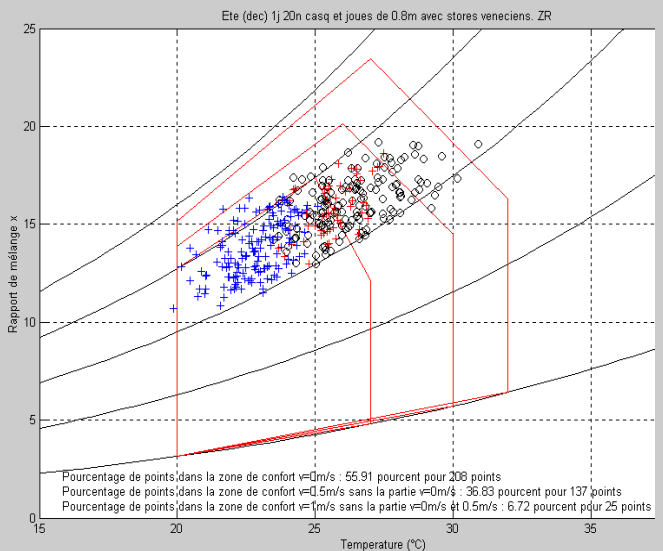
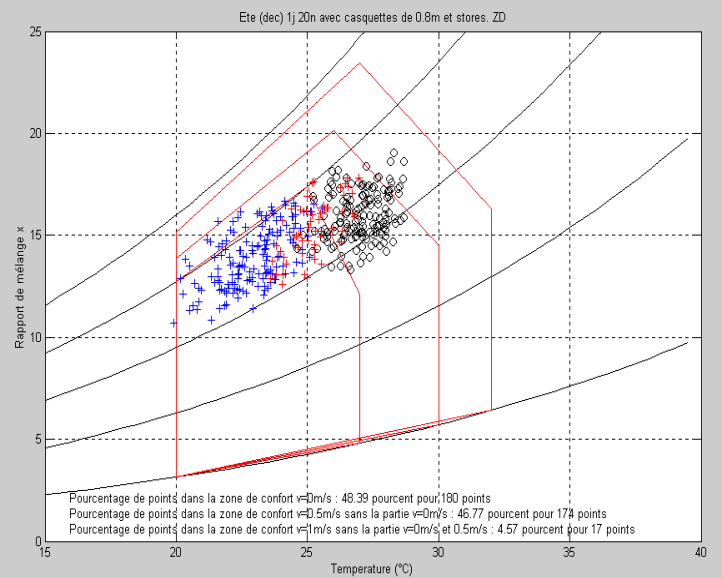
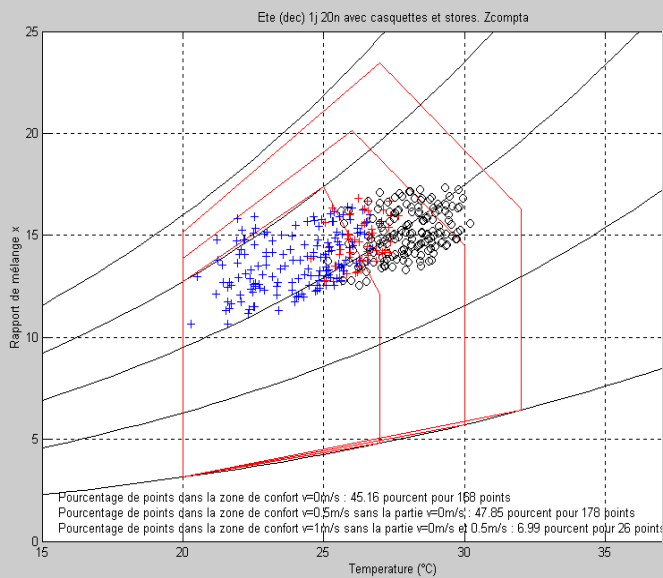
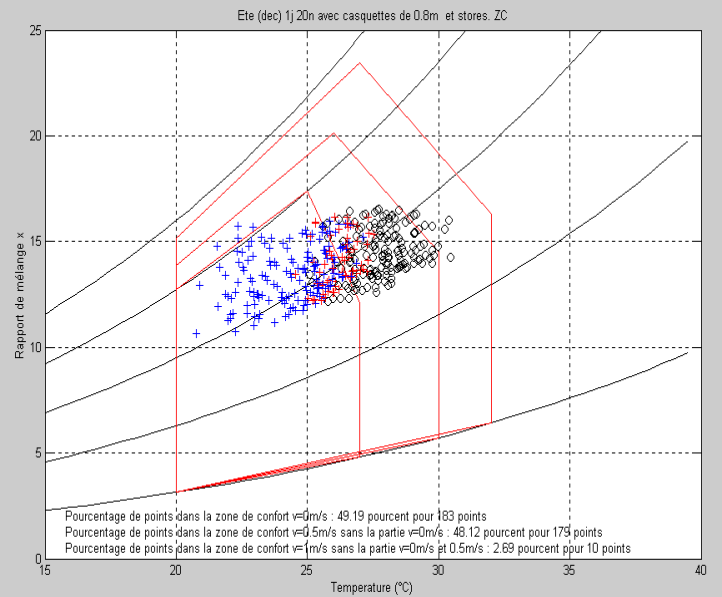
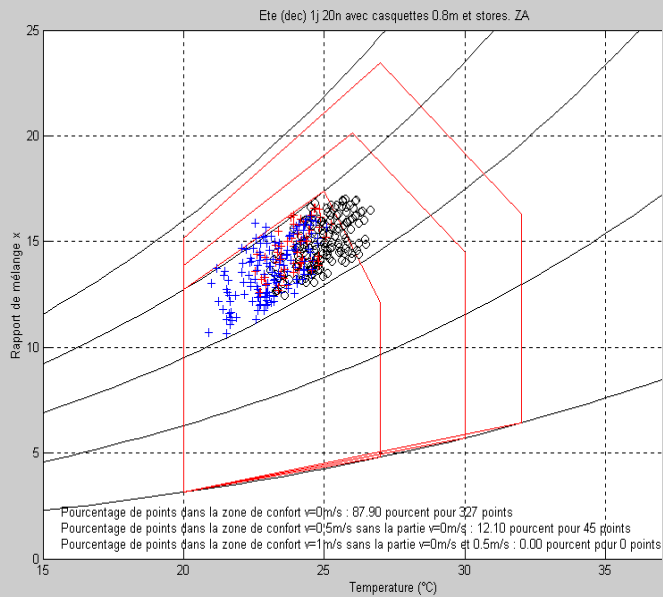
Tableau 5-7 : Températures résultantes moyennes pour le mois le plus chaud par créneau horaire. – avec éclairage artificiel l'après midi - 1j\_20n\_ouv

Les Figure 5-11 et Figure 5-12 montrent l'évolution de toutes les zones thermiques de l'administration. La zone la plus chaude reste la salle de réunion à partir de l'après midi. Ceci est bien évidemment dû au rayonnement solaire en fin de journée et à la surface importante des vitrages Nord-Ouest et Sud-Ouest. Nous constatons également que les zones Conservateur et Comptabilité ont également une température résultante élevée mais néanmoins acceptable (de l'ordre de 28.5°C en moyenne maximale).

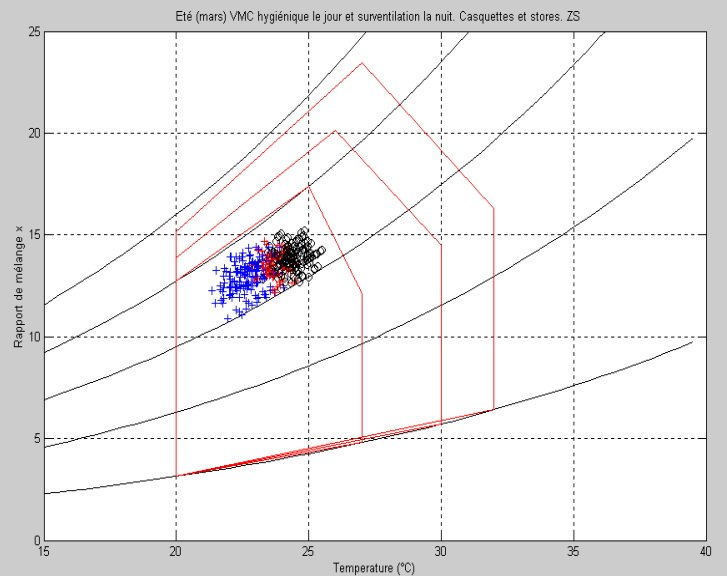
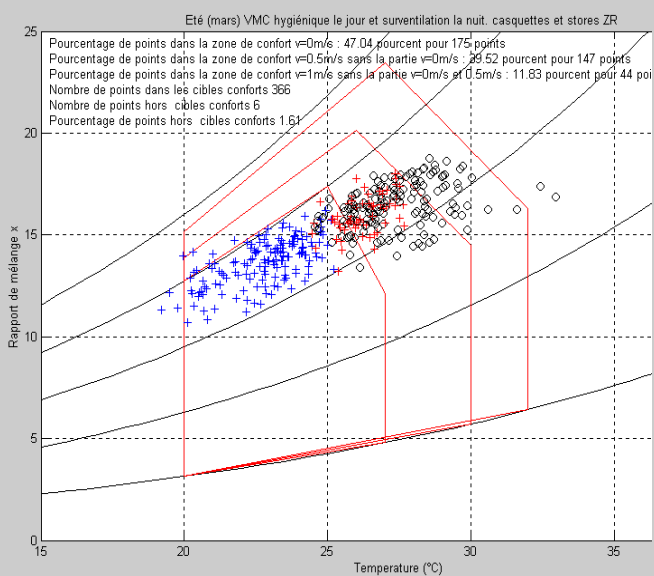
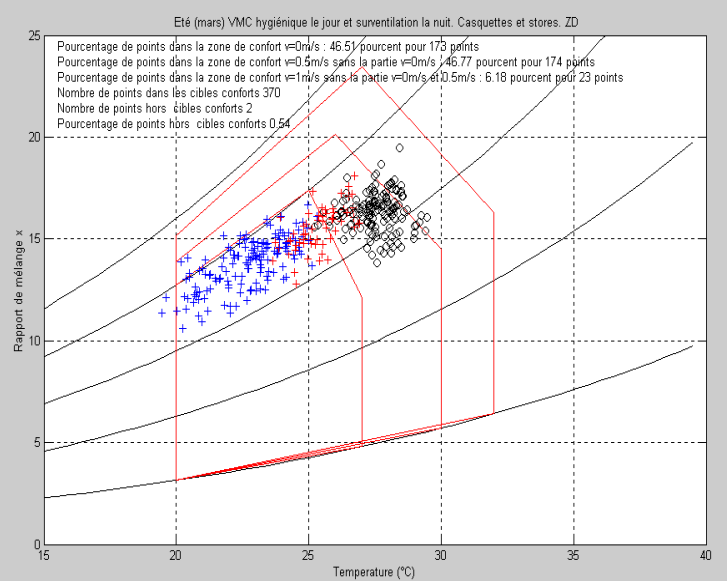
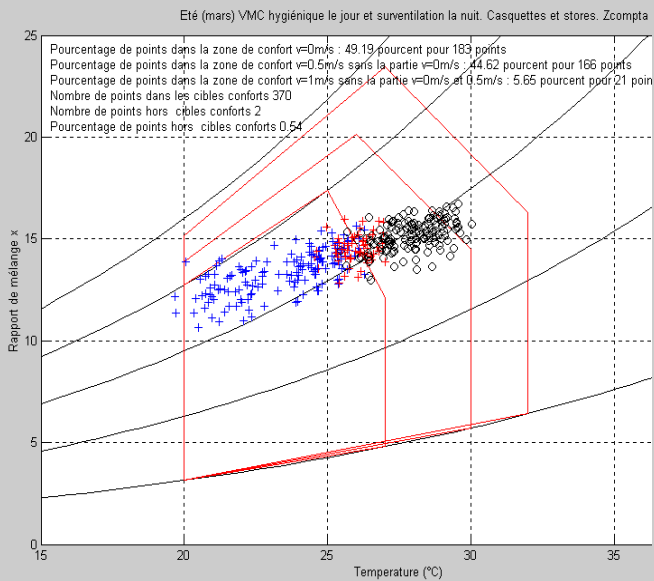
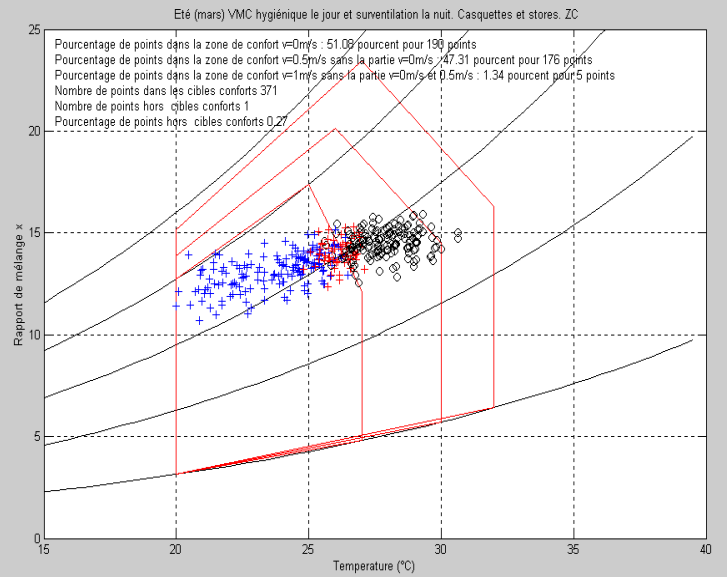
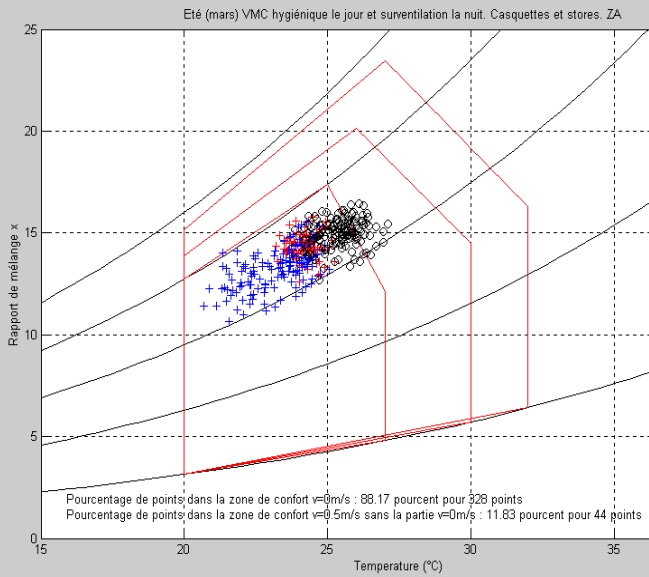
Lorsque les fenêtres sont ouvertes l'après midi, on constate une baisse de 2°C des températures résultantes (voir Tableau 5-7). Les températures résultantes maximales

moyennes sont alors égales à 26.3°C pour les zones comptabilité et conservateur et à 28°C pour la salle de réunion.

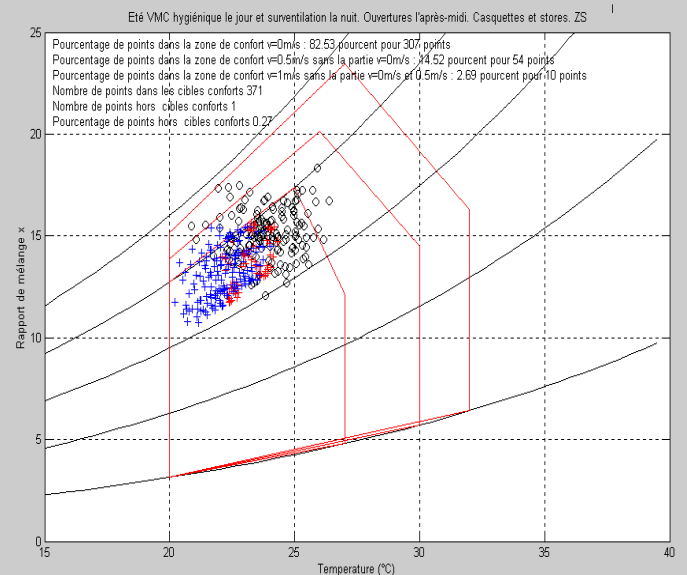
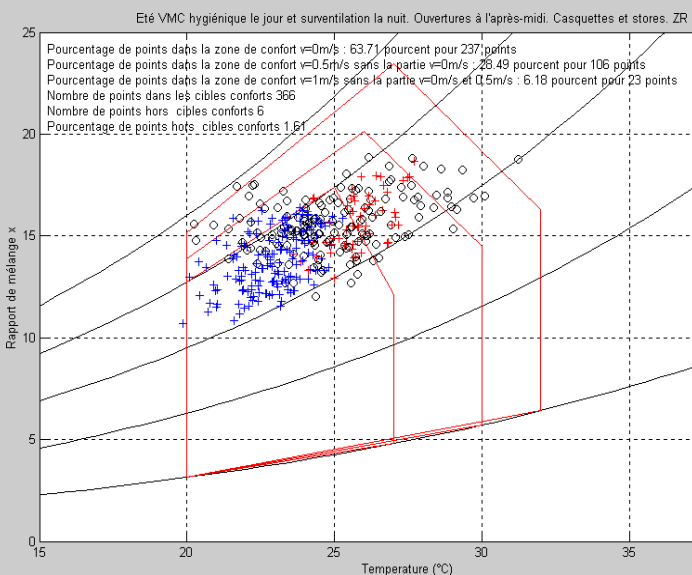
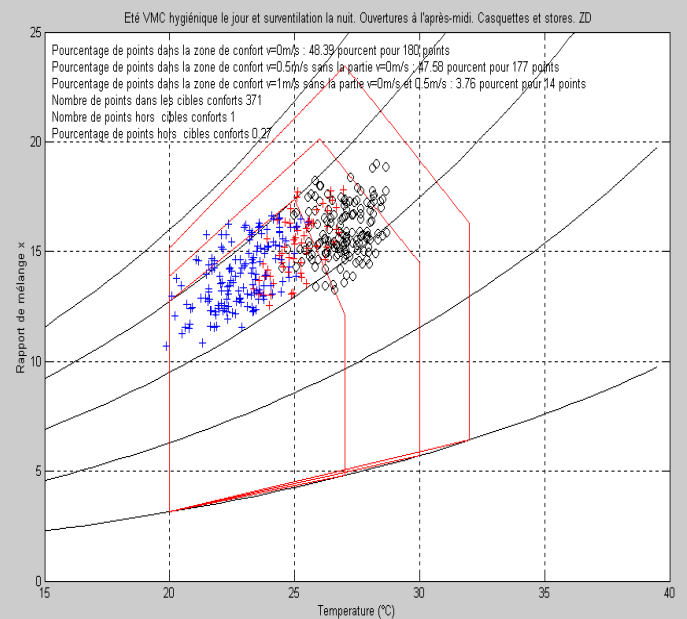
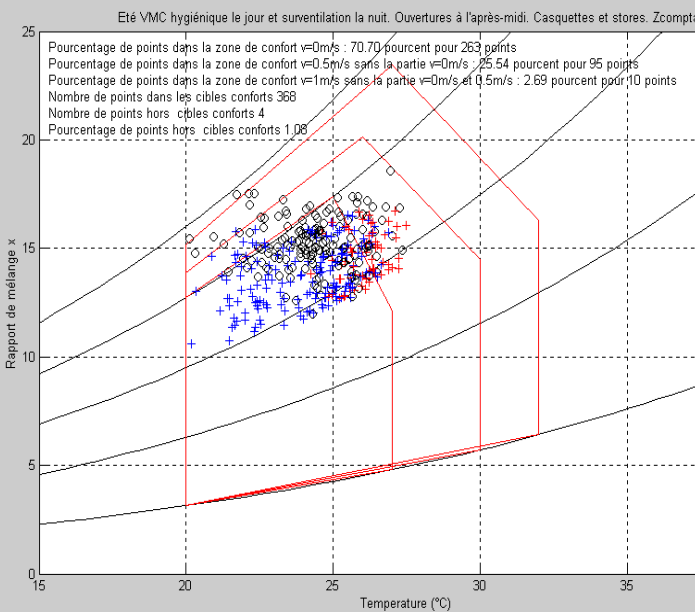
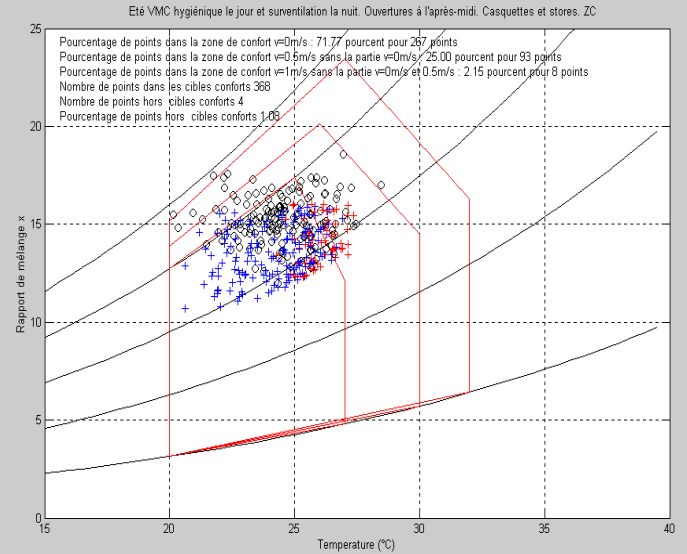
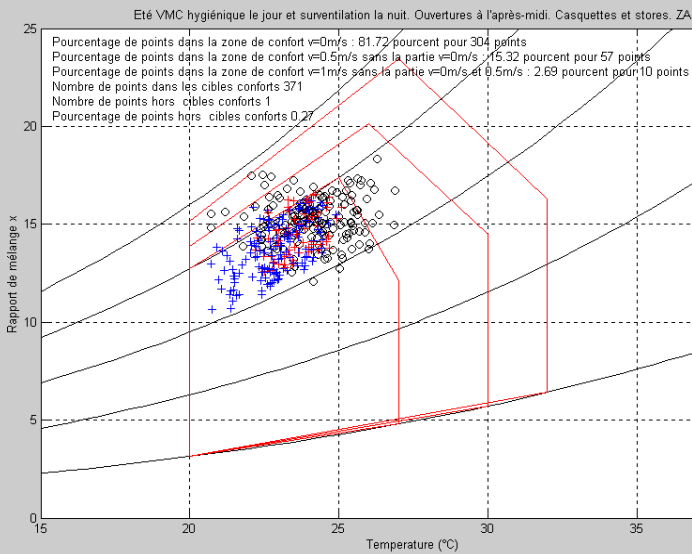
### 5.6.1.3 Diagramme de confort dans toutes les zones – 1j\_20n (fenêtres fermées l'après midi) – mois de décembre



### 5.6.1.4 Diagramme de confort dans toutes les zones – 1j\_20n (fenêtres fermées l'après midi)– mois de mars



### 5.6.1.5 Diagramme de confort dans toutes les zones – 1j\_20n\_ouv (fenêtres ouvertes l'après midi) – mois de décembre





## Commentaires sur les diagrammes de confort des zones – période été

Les diagrammes de confort précédents ont été établis pour les deux scénarii de ventilation, et pour les deux mois de décembre et de mars.

D'une manière générale, nous pouvons dire que tous les couples température/humidité se situent dans la zone de confort correspondant à une vitesse d'air de 0.5m/s pour toutes les zones thermiques.

La salle de réunion est la zone la plus chaude. On observe quelques points en dehors de la zone de confort 0.5 m/s.

L'ouverture des fenêtre l'après midi apporte un gain évident pour cette zone exposée au rayonnement solaire l'après midi.

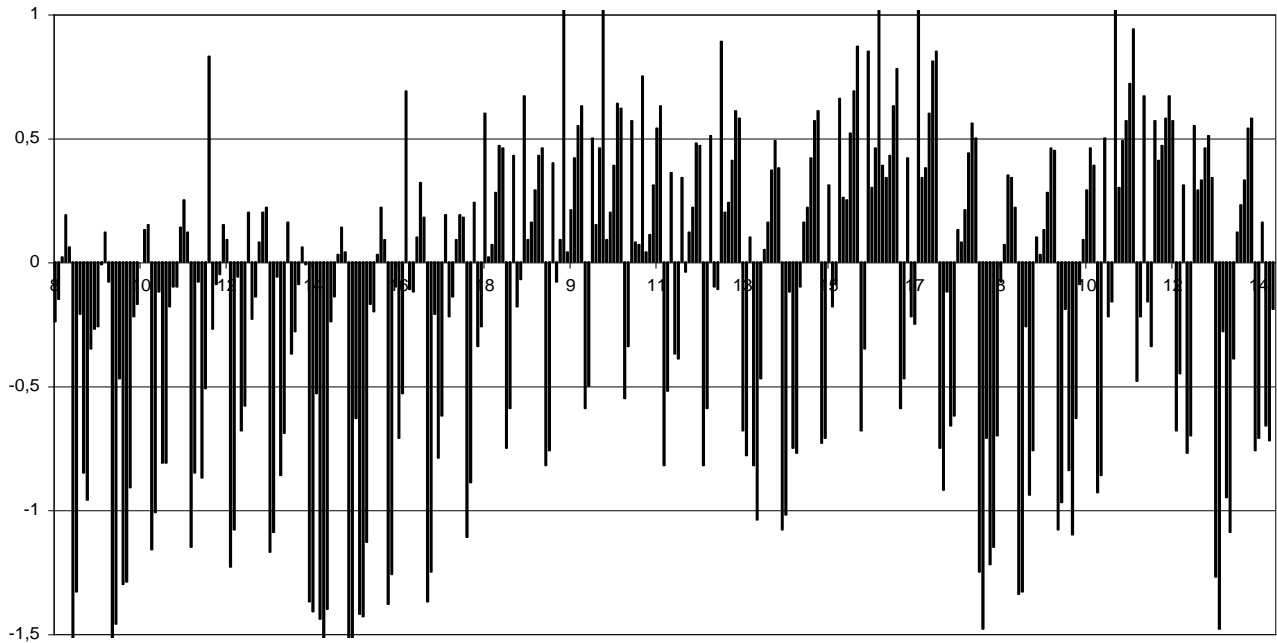
Aucune surchauffe particulière n'est constatée durant toute la période chaude.

Les conditions de confort peuvent donc être atteintes sans avoir recours à la climatisation.

Les occupants sont donc en situation de confort :

- Soit en gardant les fenêtres fermées et en utilisant un brasseur d'air.
- Soit en ouvrant les fenêtres l'après midi.

**PMV été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit. Casquettes et stores. Clo 1 la matin et v=0.5 de 15 à 18h ZR**



#### 5.6.1.6 PMV de la salle de réunion

Figure 5-13 : Evolution du PMV pour la salle de réunion pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_20n.

**PMV été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit. Casquettes et stores. Ouvertures à l'après-midi. Clo 1 la matin. ZR**

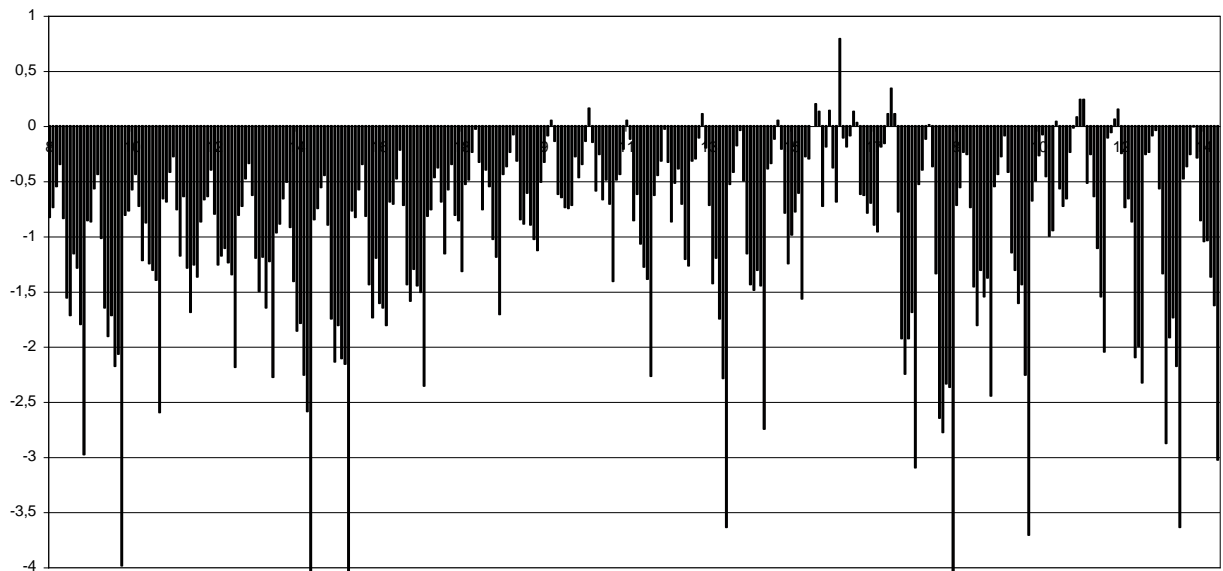


Figure 5-14 : Evolution du PMV de la salle de réunion pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi et fenêtres ouvertes l'après midi 1j\_20n\_ov

### 5.6.1.7 PMV de la comptabilité

**PMV été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit. Casquettes et stores. Clo 1 la matin et v=0.5 de 14 à 17h. Zcompta**

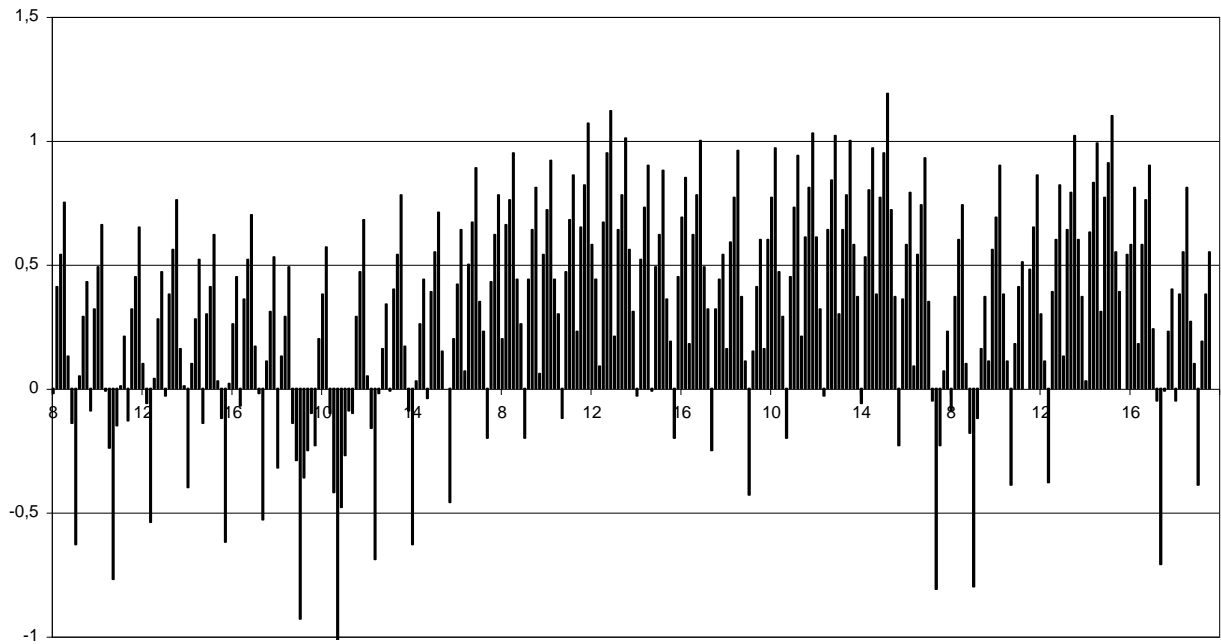


Figure 5-15 : Evolution du PMV de la comptabilité pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_20n.

**PMV été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit. Casquettes et stores. Ouvertures à l'après-midi. Clo 1 la matin. ZCompta**

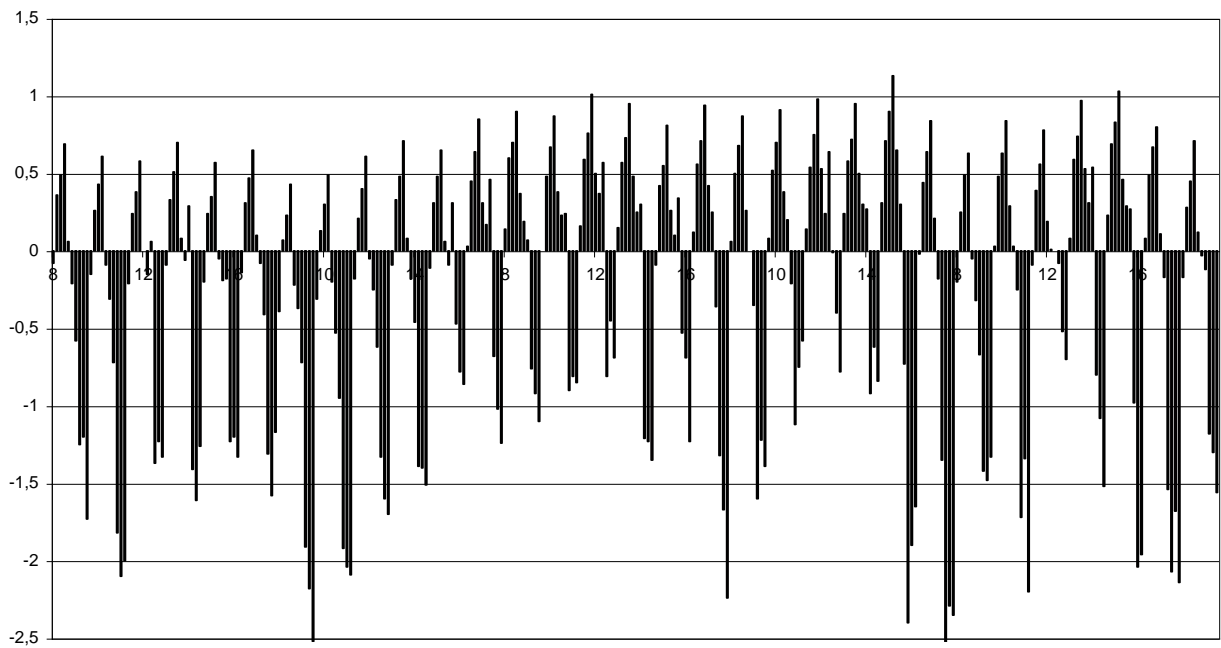


Figure 5-16 : Evolution du PMV de la comptabilité pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_20n\_ouv

### 5.6.1.8 PMV salle détente

**PMV été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit. Casquettes et stores. Clo 1 la matin et v=0.5 de 14 à 17h. ZD**

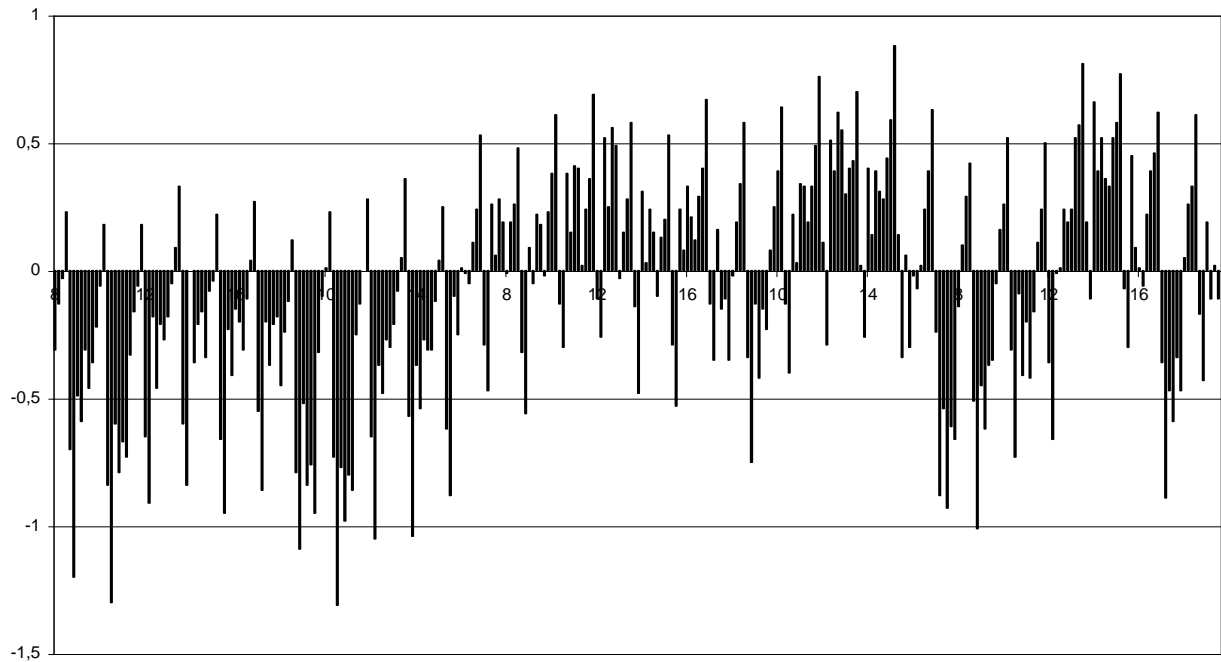


Figure 5-17 : Evolution du PMV pour la salle détente pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_20n.

**PMV été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit. Casquettes et stores. Ouvertures l'après-midi. Clo 1 la matin. ZD**

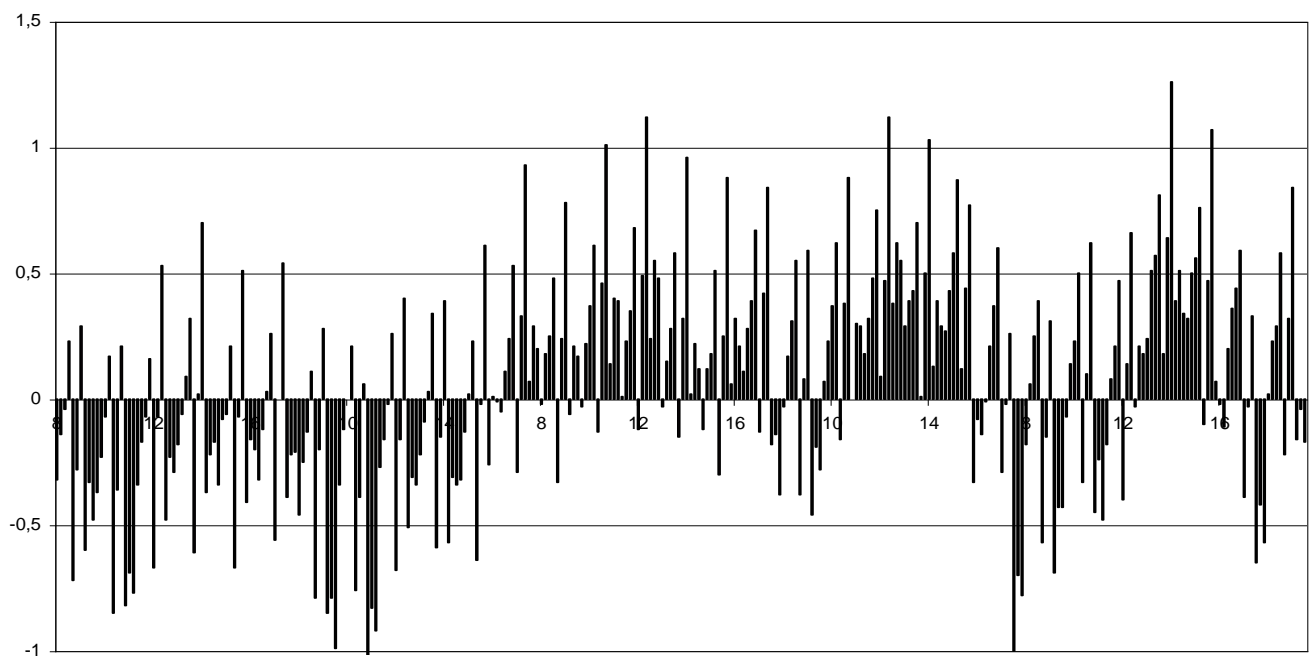


Figure 5-18 : Evolution du PMV pour la salle détente pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_20n\_ouv.

### 5.6.1.9 PMV Conservateur

**PMV été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit. Casquettes et stores. Clo 1 la matin et v=0,5 de 15 à 17h. ZC**

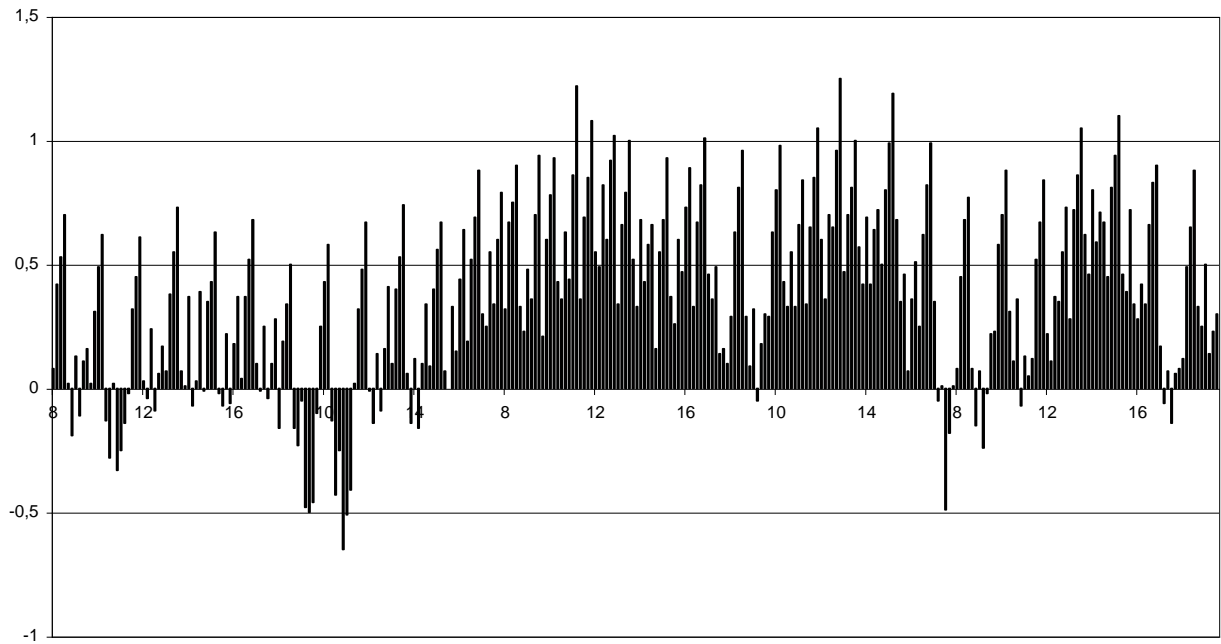


Figure 5-19 : Evolution du PMV pour la salle détente pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_20n.

**PMV été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit. Casquettes et stores. Ouvertures l'après-midi. Clo 1 la matin. ZC**

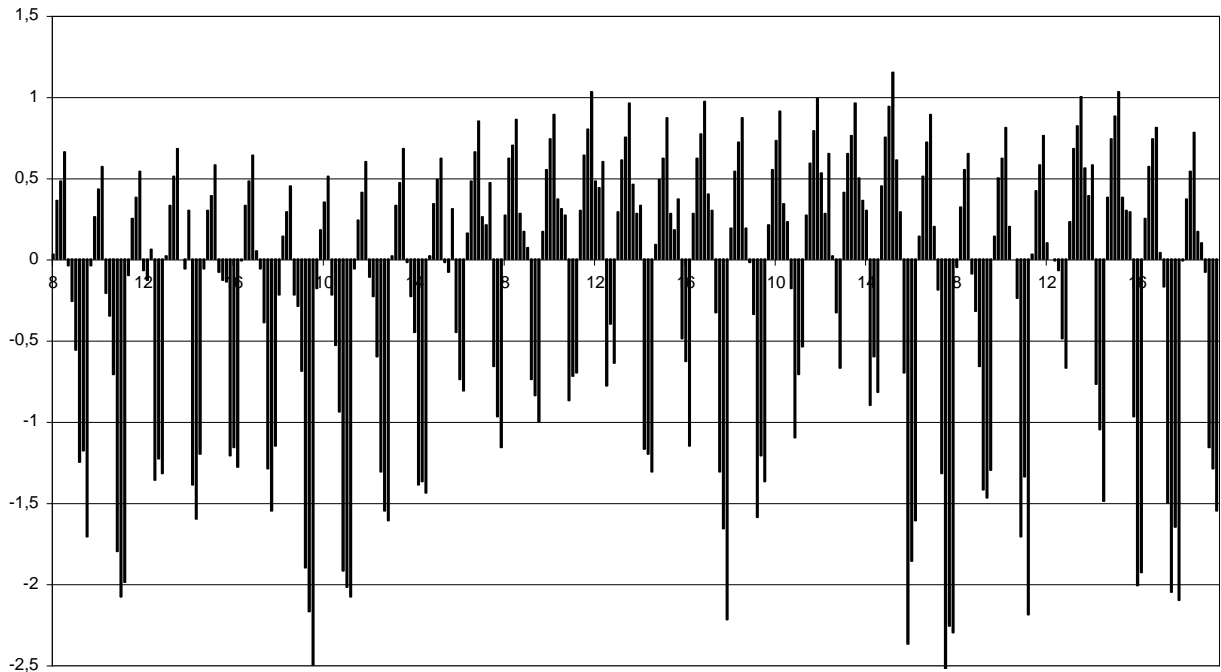


Figure 5-20 : Evolution du PMV pour la salle détente pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_20n\_ouv.

### 5.6.1.10 PMV Zone sombre

**PMV été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit. Casquettes et stores. Clo 1 la matin et activité 1,2. ZS**

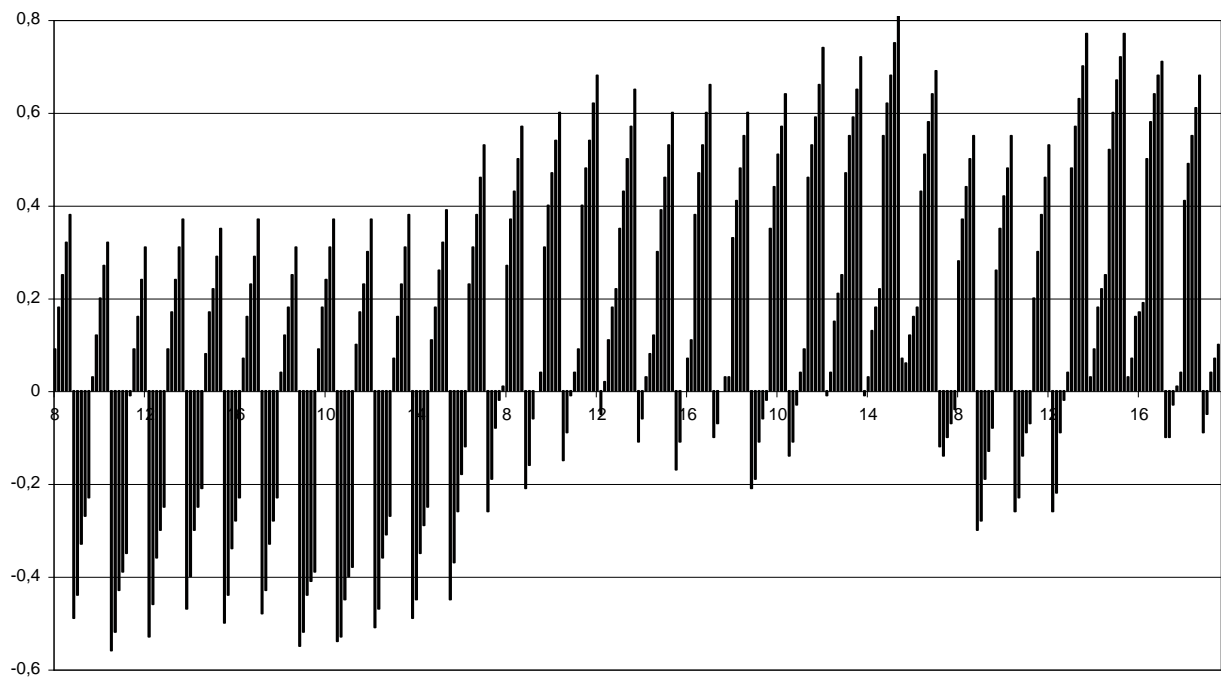


Figure 5-21 : Evolution du PMV pour la salle détente pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_20n.

**PMV été VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit. Casquettes et stores. Ouvertures l'après-midi. Clo 1 la matin. ZS**

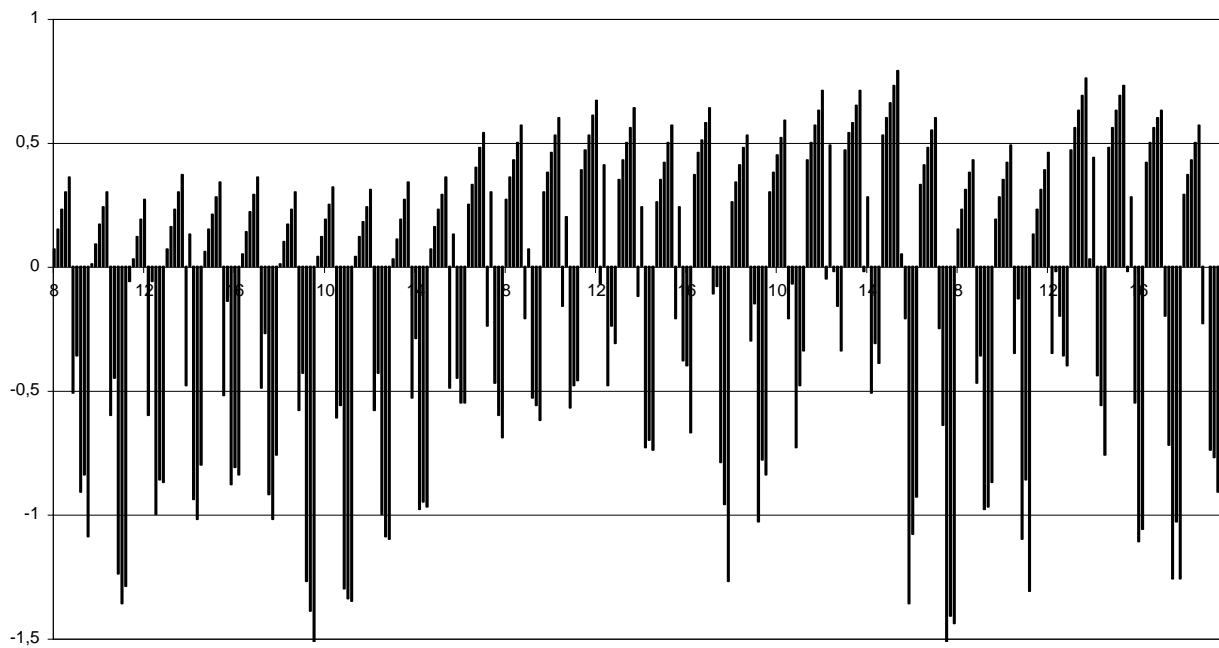


Figure 5-22 : Evolution du PMV pour la salle détente pendant la période chaude avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_20n\_ouv.

## Commentaires sur les PMV – Administration – Période chaude

L'évolution des PMV dans les zone étudiées confirme les conclusions faites lors de l'étude des zones de confort.

Les PMV dépassent rarement +1, ce qui signifie que les occupants ont rarement la sensation d'avoir chaud.

Lorsque les fenêtres sont ouvertes l'après midi, le PMV reste la plupart du temps en dessous de la limite +0.5 sensation thermique équivalent à une légère sensation de chaleur).

Les occupants sont donc en situation de confort 100% du temps pour la période chaude simulée.

## 5.6.2 Traitement de l'air avec climatisation

Nous traitons ici l'influence de la surventilation nocturne sur le dimensionnement de climatisation et sur la consommation énergétique mensuelle.

Nous avons traité trois cas :

- Cas 1 : Climatisation toute la journée, VMC hygiénique, éclairage artificiel l'après midi.
- Cas 2 : Climatisation l'après midi, VMC jour (1 vol/h), surventilation nocturne, éclairage artificiel l'après midi.
- Cas 3 : pas de climatisation, VMC jour (1 vol/h) surventilation nocturne, utilisation de brasseur d'air pendant 3h l'après midi, éclairage artificiel l'après midi.

**Comparaison été Ptot Adm avec clim tout la journée (VMC hygiénique jour et nuit) et clim l'après-midi (VMC hygiénique le jour et surventilation la nuit)**

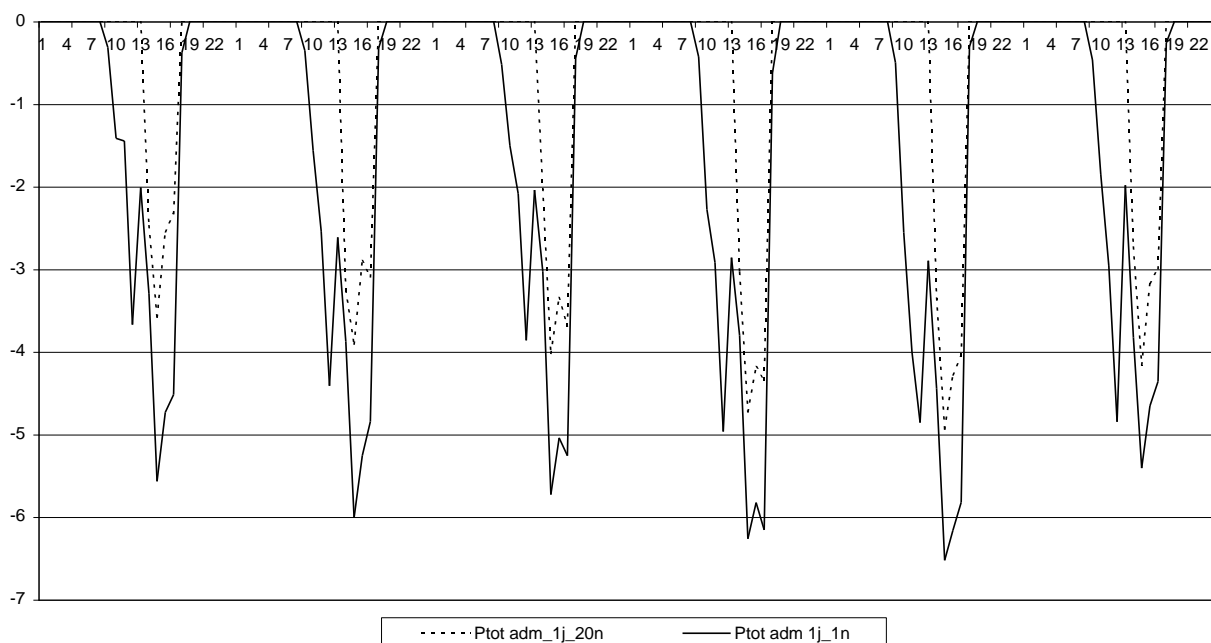


Figure 5-23 : Comparaison de l'évolution de la puissance frigorifique totale pour toute l'administration (climatisation toute la journée et climatisation après midi 1j\_20n) – semaine chaude

	$P_{max}$ (kW)	Ratio (W/m <sup>2</sup> )	E <sub>frigo tot</sub> (kWh)	E <sub>élec tot</sub> (kWh)	Ratio (kWh/m <sup>2</sup> )
Cas 1 : Climatisation toute la journée Eclairage artificiel l'après midi	7.66	40.7	863.52	287.84	1.53
Cas 2 : VMC jour (1 vol/h) surventilation nocturne Climatisation l'après midi Eclairage artificiel l'après midi	5.58	29.7	344.86	114.95	0.61
Cas 3 : VMC jour (1 vol/h) surventilation nocturne Utilisation de brasseur d'air pendant 3h Eclairage artificiel	0.450 (9 brass)	2.4		51.55	0.27

Tableau 5-8 : Comparaison de la puissance maximale et de la consommation énergétique pour différents scénarii de traitement d'air pour l'administration



**Commentaire sur l'utilisation de la climatisation de l'administration :**

La simulation dynamique montre que le bilan thermique maximal est égal à 7.66 kW, soit un ratio de 41 W/m<sup>2</sup>.

Le recours à la surventilation nocturne permet de retarder l'utilisation de la climatisation durant la journée à 13h00.

En ce qui concerne la consommation énergétique, la ventilation nocturne permet de diviser par deux la consommation électrique de l'administration (cas 1 vs cas 2) lorsque celle-ci est climatisée.

**La meilleure solution d'un point de vue appel de puissance et consommation énergétique énergie reste toutefois le recours aux brasseurs d'air.**

Dans le cas de brasseurs d'air, l'appel de puissance est 17 fois plus faible par rapport à une solution de climatisation conventionnelle (cas 1).

En ce qui concerne la consommation énergétique, elle est divisée par 6 avec les brasseurs d'air.

## 5.6.3 Traitement d'air hiver – pas de chauffage

### 5.6.3.1 Température résultante dans toutes les zones

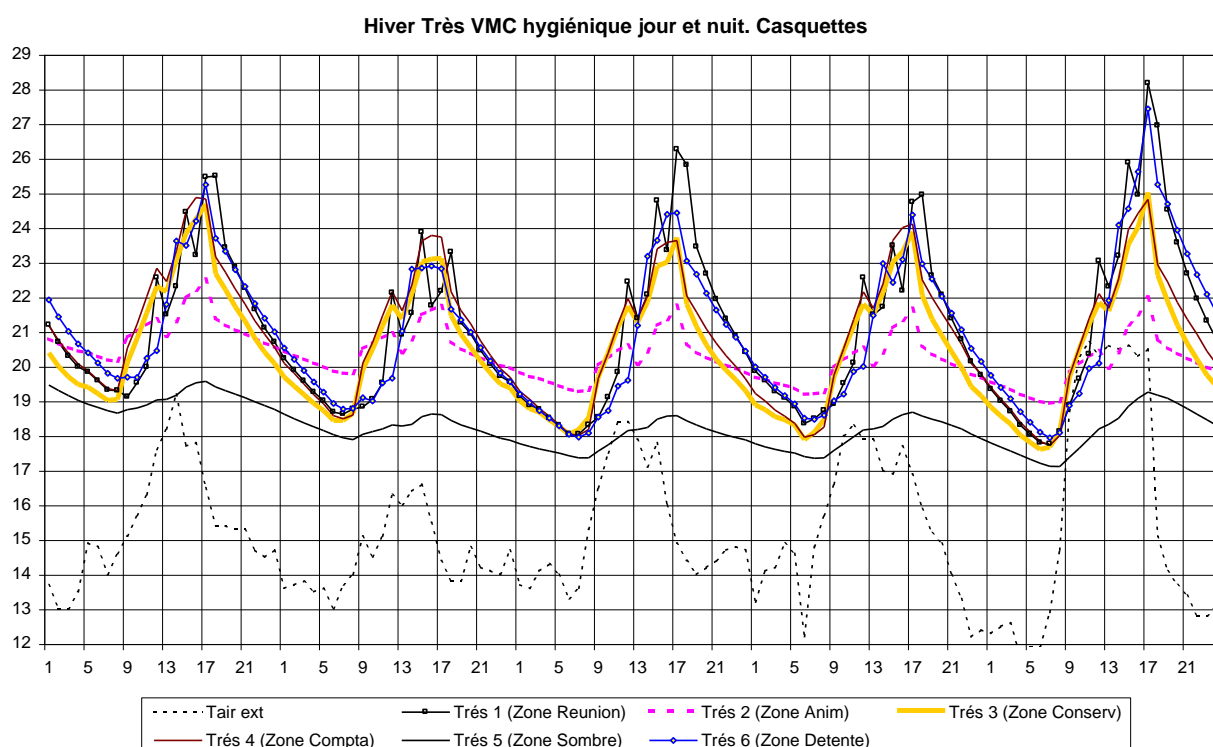


Figure 5-24 : Evolution des températures résultantes- semaine froide extrême avec éclairage artificiel l'après midi (1j\_1n)

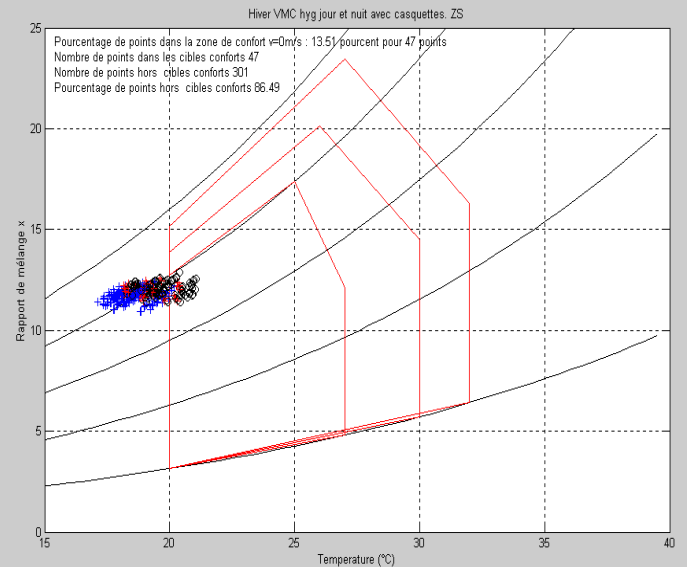
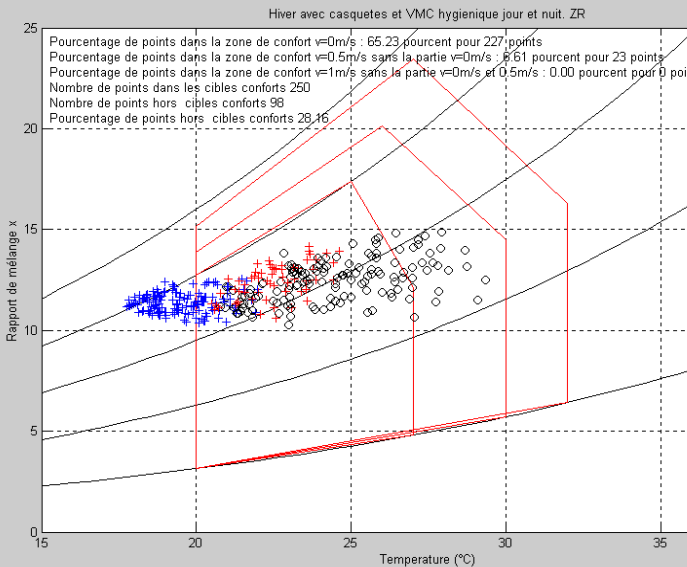
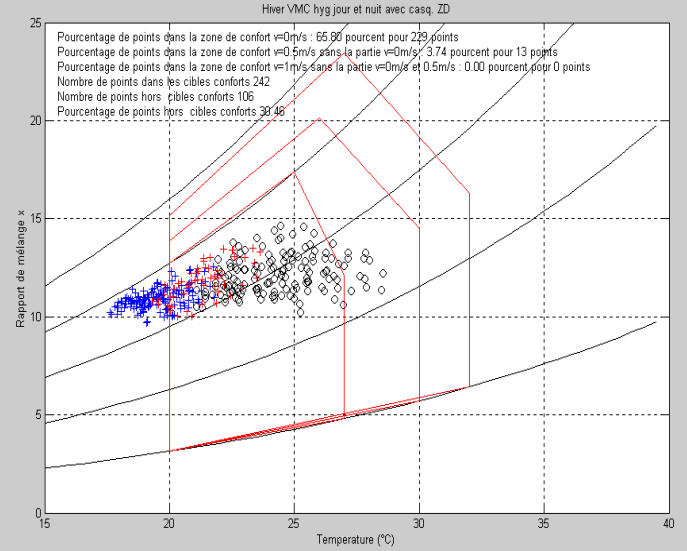
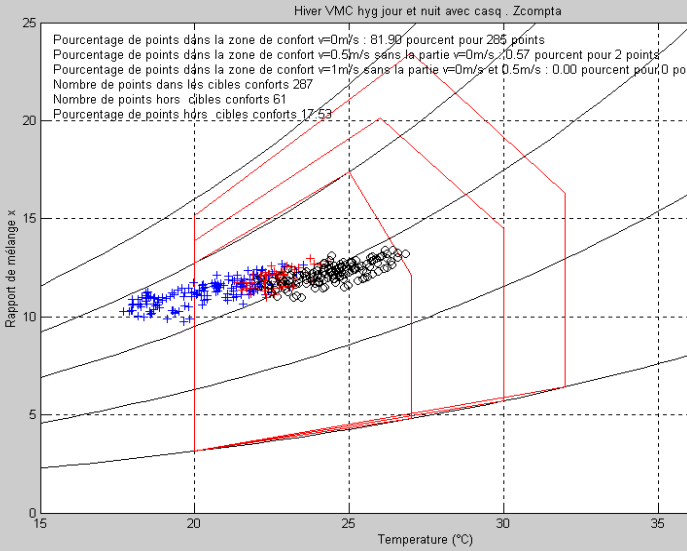
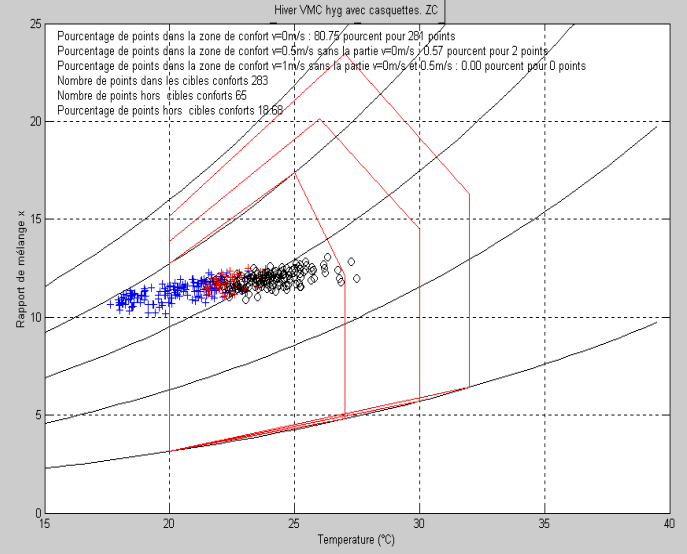
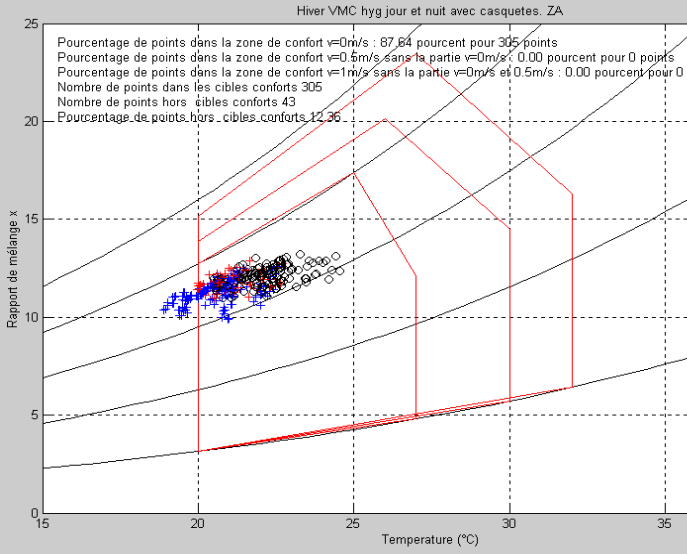
	Très matin	Très midi	Très après midi	Très min moy	Très min
Zone Animateur	20.8	21	22.2	19.9	18.9
Salle de réunion	20.4	22.5	24.9	18.8	17.8
Compabilité	21	22.8	24.8	18.8	17.7
Conservateur	20.8	22.6	24.4	18.6	17.6
Détente	19.9	23	24.8	19.1	17.7
Zone sombre	18.6	19.1	19.6	18.2	17.1

Tableau 5-9 : Températures résultantes moyennes pour le mois le plus froid par créneau horaire. – Eclairage artificiel (1j\_1n).

Le scénario de VMC étudié ici est celui d'une VMC fonctionnant toute la journée. L'étude de la zone Animateur a montré qu'il faut impérativement faire fonctionner la VMC toute la journée pour éviter les problèmes de condensation.

L'évolution des températures dans toutes les zones montrent celles-ci varient entre 18°C le matin à 24°C l'après midi. On constate donc que les zones sont relativement froides en tout début de matinée. La température résultante dépasse 19°C en général à partir de 9h00.

### 5.6.3.2 Diagramme de confort hiver dans toutes les zones



L'étude des diagrammes de confort montre que les conditions de confort sont presque parfaites pour l'ensemble des zones hormis la zone sombre qui est relativement froide. Rappelons que la zone sombre est composée du couloir, des archives, du local GTC et des sanitaires

L'ensemble des couples température/humidité reste en grande partie dans la zone de confort de 0 m/s.

Comme cela a été constaté précédemment, la température résultante dans les zones est de l'ordre de 18°C en début de matinée. Après 9h00, celle-ci est supérieure à 19°C, ce qui correspond à la température de confort en hiver.

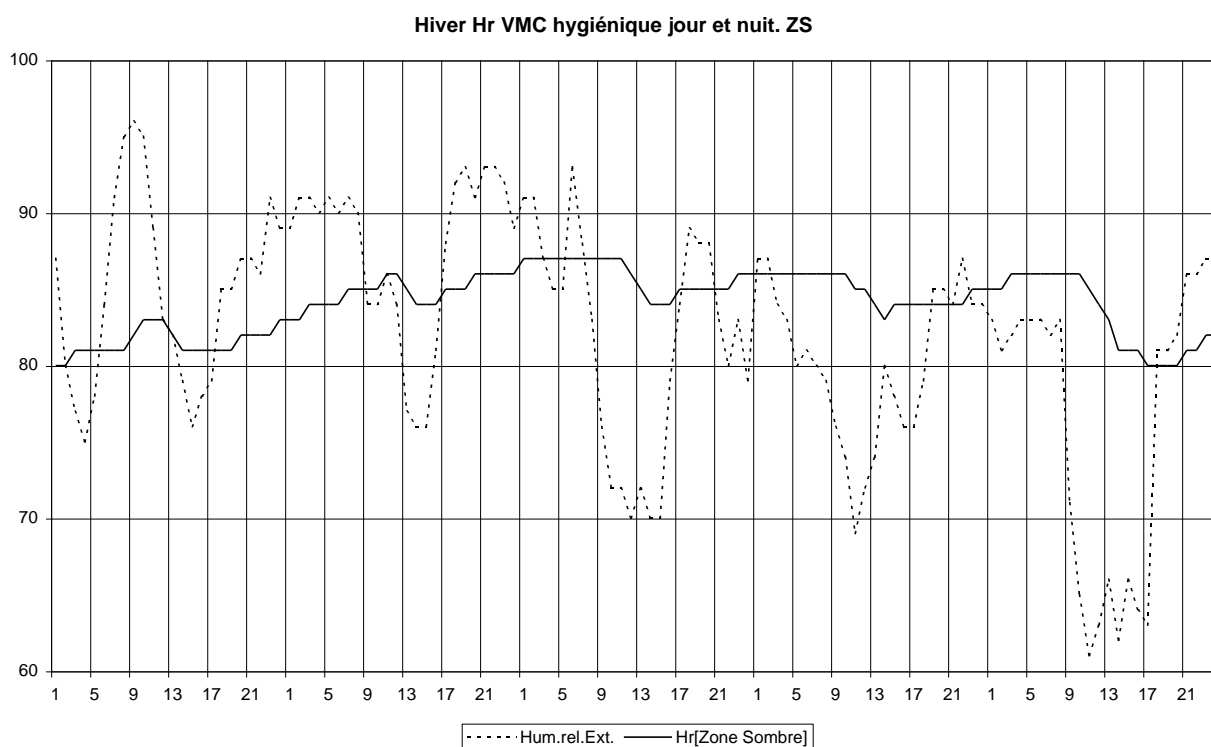


Figure 5-25 : Humidité relative pour la zone sombre avec éclairage artificiel l'après-midi – période hiver.

La Figure 5-25 ci-dessus montre que l'humidité relative reste relativement importante dans la zone sombre avec des valeurs de l'ordre de 85% en moyenne.

### 5.6.3.3 PMV dans toutes les zones – hiver – 1j\_1n

PMV hiver VMC hygiénique jour et nuit. Casquettes. Clo 1 tout la journée. ZR

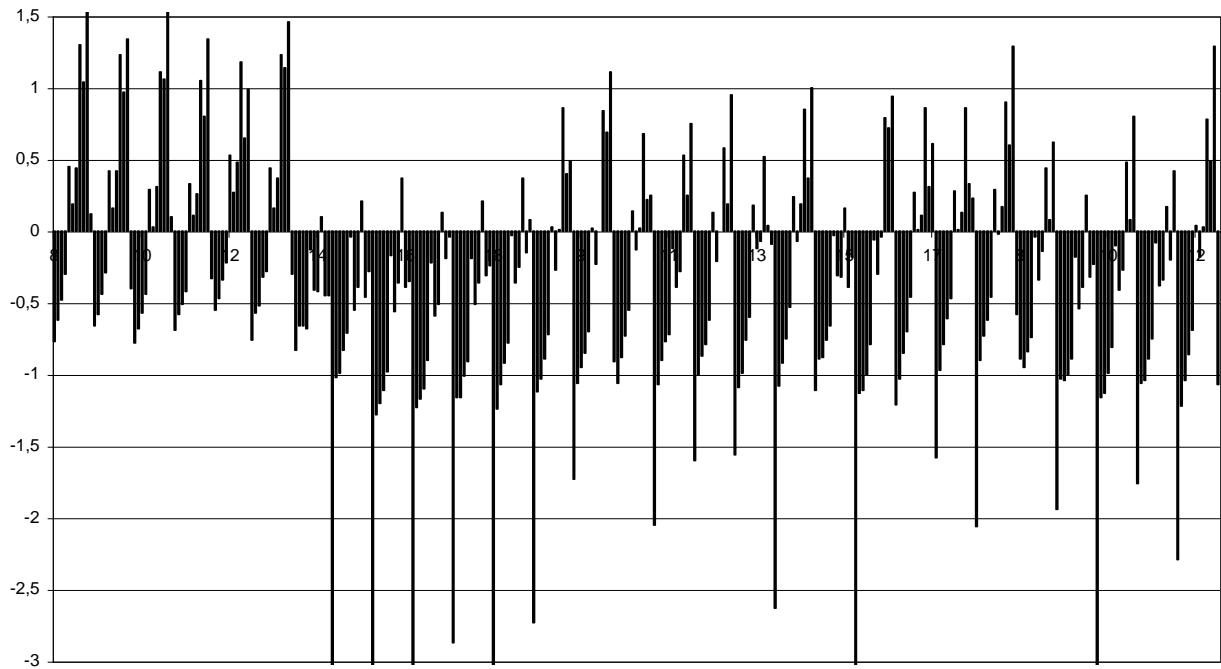


Figure 5-26 : Evolution du PMV pour la zone salle de réunion pendant la période froide avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_1n

PMV hiver VMC hygiénique jour et nuit. Casquettes. Clo1. ZC

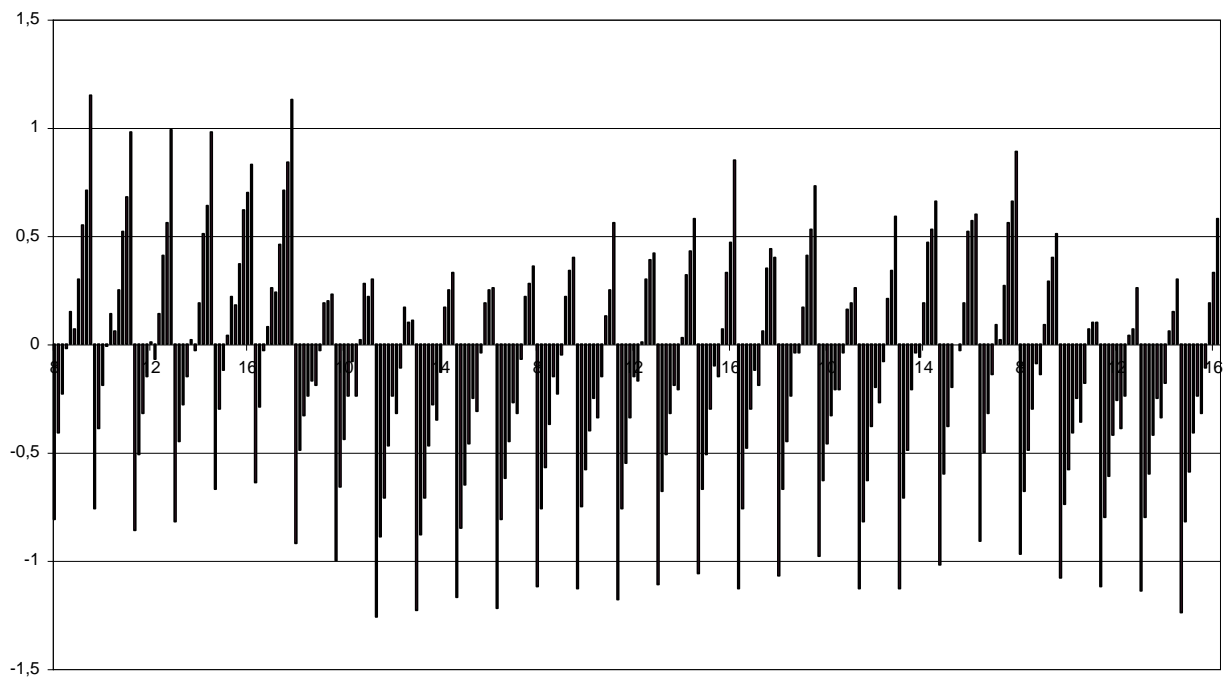


Figure 5-27 : Evolution du PMV pour le conservateur pendant la période froide avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_1n

**PMV hiver VMC hygiénique jour et nuit. Casquettes. Clo1. Zcompta**

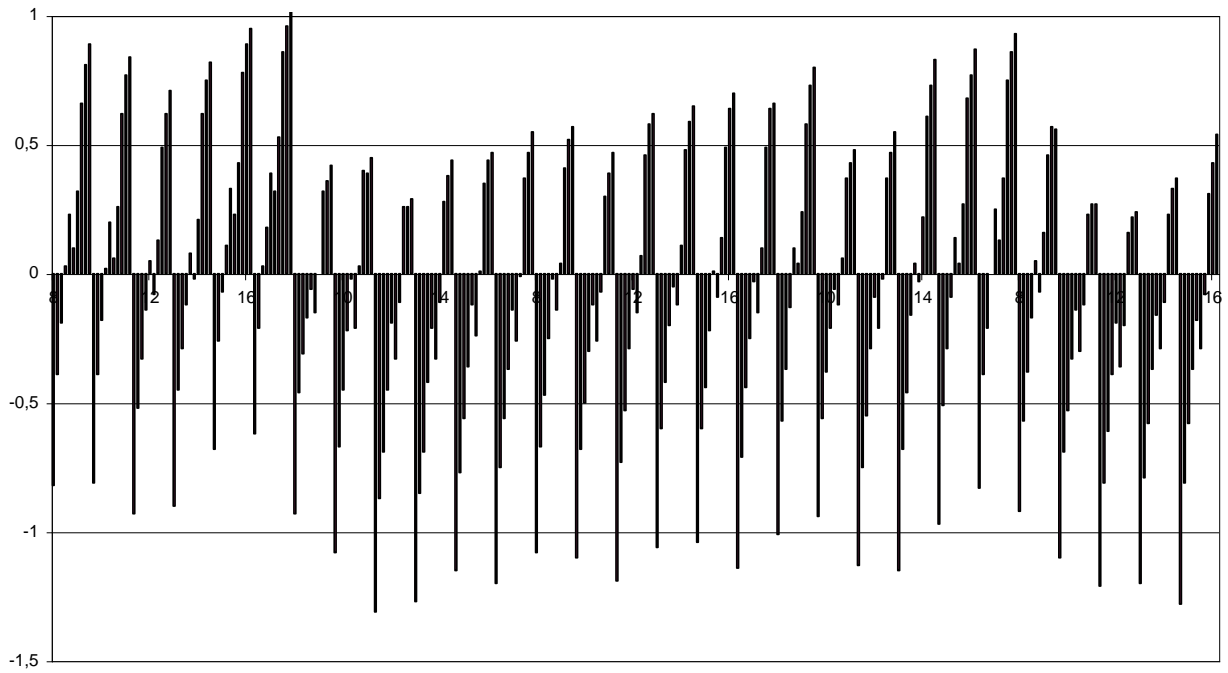


Figure 5-28 : Evolution du PMV pour la comptabilité pendant la période froide avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_1n

**PMV hiver VMC hygiénique jour et nuit. Casquettes. Clo1 toute la journée. ZD**

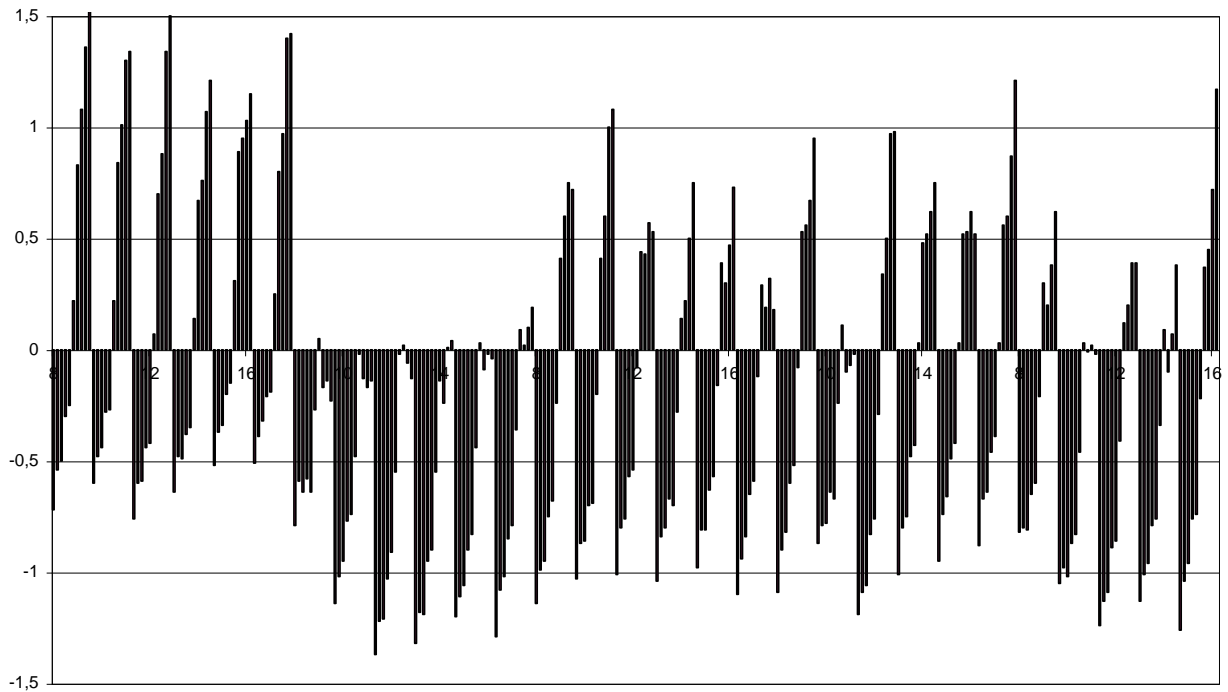


Figure 5-29 : Evolution du PMV pour la salle de détente pendant la période froide avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_1n

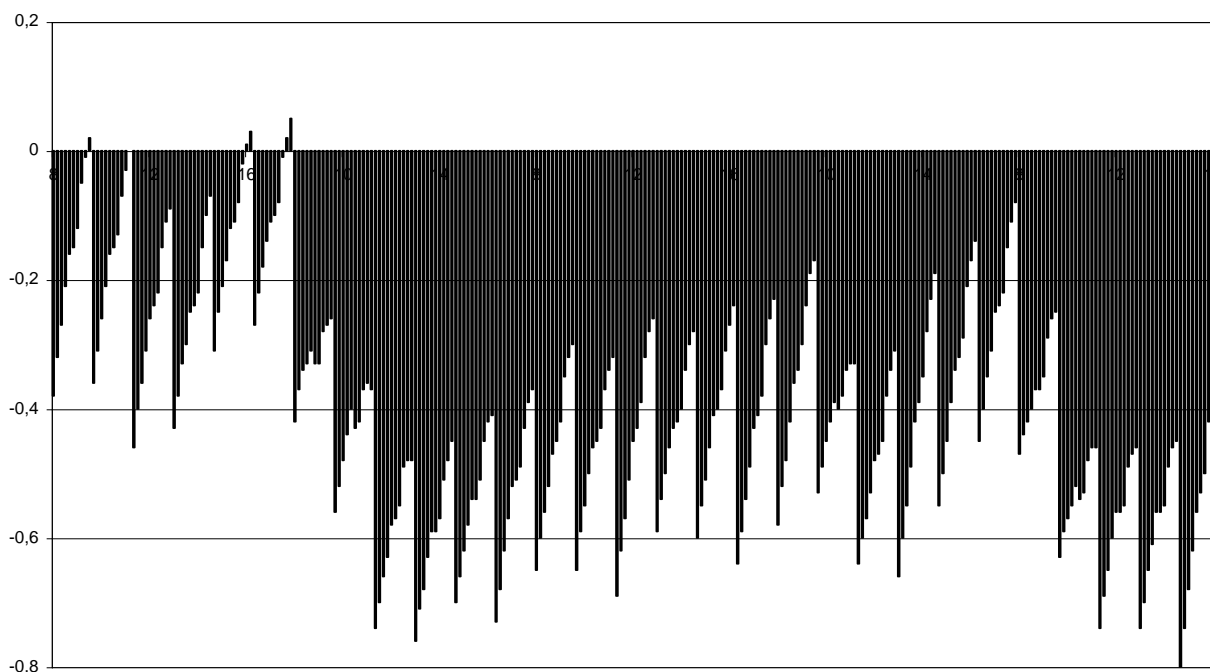
**PMV hiver VMC hygiénique jour et nuit. Casquettes. Clo1 toute la journée. ZS**

Figure 5-30 : Evolution du PMV pour la zone sombre pendant la période froide avec éclairage artificiel l'après midi pour 1j\_1n

**Commentaires sur le PMV – période hiver**

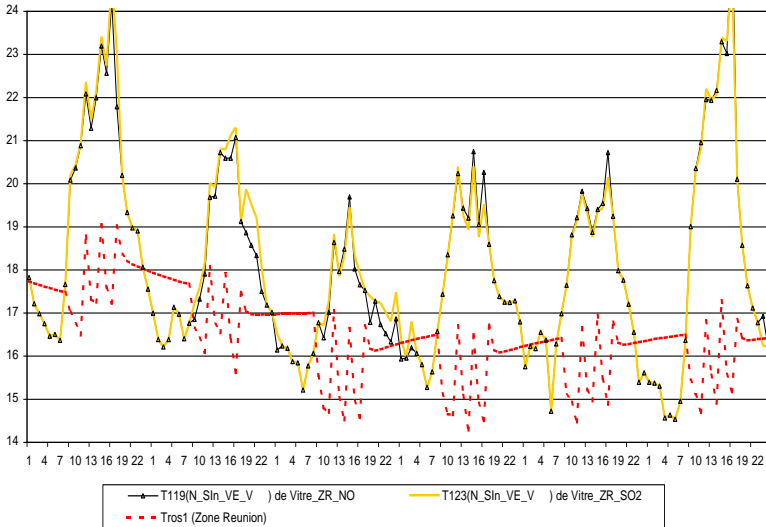
L'évolution du PMV pour les zones de l'administration montre que celui-ci reste généralement dans la zone  $\pm 0.5$  pour l'ensemble des zones.

En début de journée et pendant 1 heure (de 8h00 à 9h00), le PMV est de l'ordre de  $-1$ , ce qui correspond à une sensation thermique « froid ».

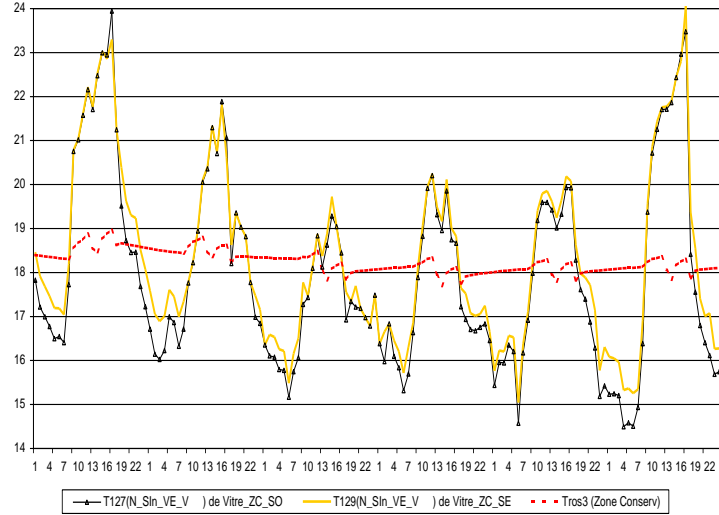
Avec une vêtue de 1 Clo (ie un pull et un pantalon), les occupants sont globalement en situation de confort. Leur sensation correspond à « légèrement froid » pendant la période d'hiver.

### 5.6.3.4 Risques de condensation

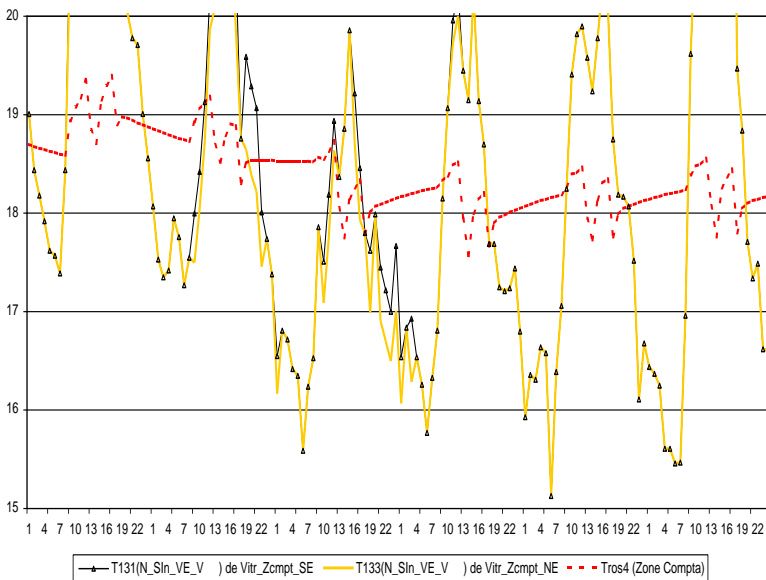
Hiver VMC hygiénique que le jour. Températures de surfaces intérieures vitrées et température de rosée. ZR



Hiver VMC hygiénique que le jour. Températures de surfaces intérieures vitrées et température de rosée. ZC



Hiver VMC hygiénique que le jour. Températures de surfaces intérieures vitrées et température de rosée. Zcompta



Hiver VMC hygiénique que le jour. Températures de surfaces intérieures vitrées et température de rosée. ZS

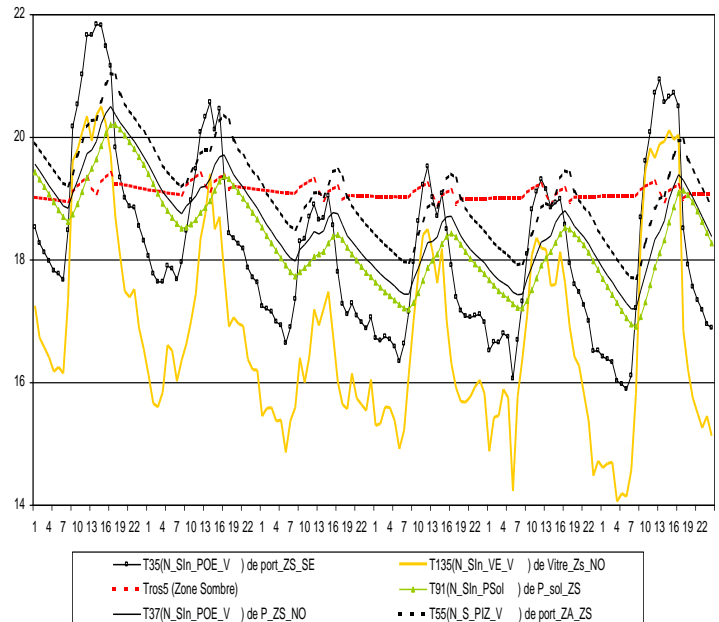
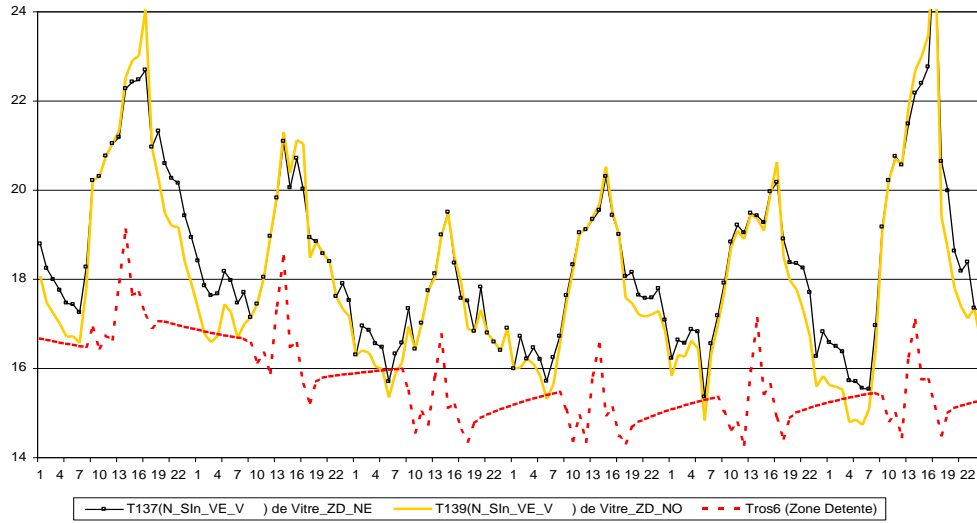


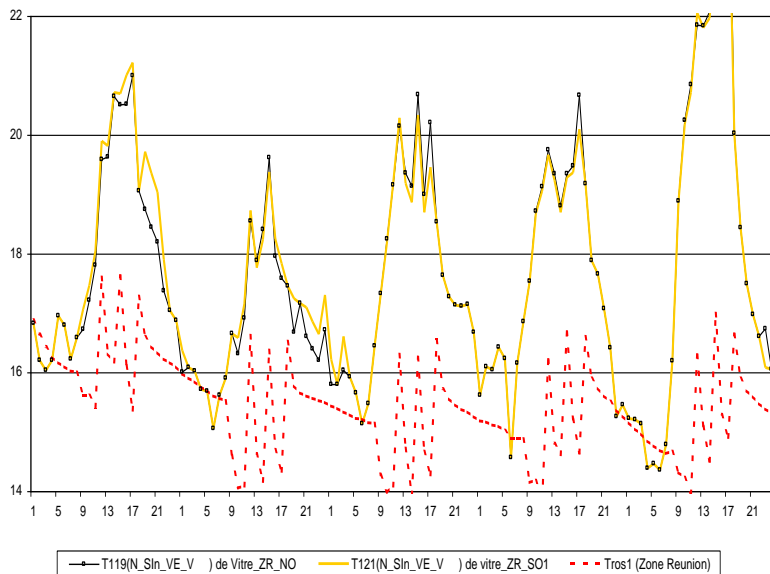
Figure 5-31 : Risques de condensation avec la VMC uniquement le jour.



Hiver VMC hygiénique que le jour. Températures de surfaces intérieures vitrées et température de rosée. ZD



Hiver VMC hygiénique jour et nuit. Températures de surfaces intérieures vitrées et température de rosée. ZR



Hiver VMC hygiénique jour et nuit. Températures de surfaces intérieures vitrées et température de rosée. ZS

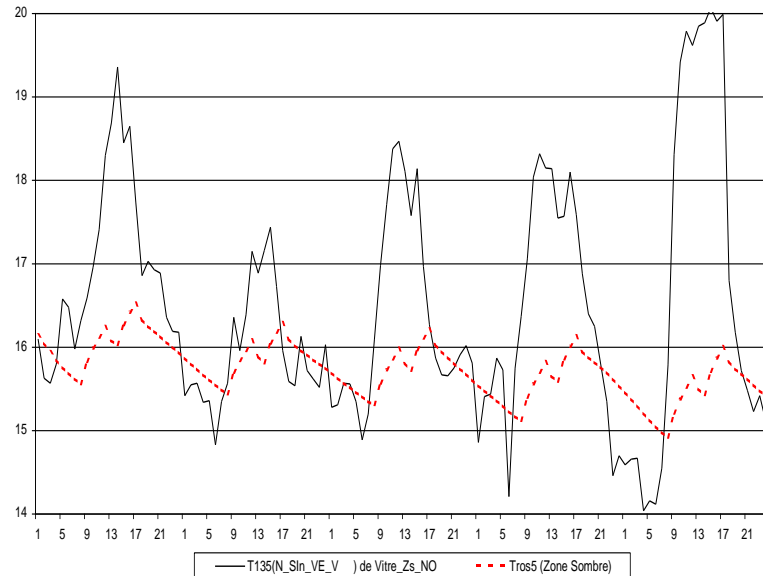


Figure 5-32 : Risques de condensation avec la VMC toute la journée.

La Figure 5-31 et la Figure 5-32 montrent les risques de condensation dus à la VMC. Lorsque les courbes de température de surface sont en dessous des lignes pointillées (correspondant aux température de rosée), nous avons condensation.

Nous voyons donc que dans le cas représenté par la (soit la VMC en fonctionnement de jour), le risque de condensation est important, principalement sur tous les vitrages de toutes les zones.

Lorsque la VMC fonctionne pendant 24 h (Figure 5-32), le risque de condensation est très nettement diminué. Les seules parois pouvant condenser sont dans ce cas les vitrages de la zone sombre, ce qui correspond aux vitrages des sanitaires.

## 6 ANALYSE DE LA ZONE COMMUNE DE LA MEDIATHEQUE

La zone commune est la partie principale du bâtiment permettant l'accueil du public. La zone comporte trois niveaux et se caractérise par une surface vitrée importante bénéficiant de protections solaires. Le volume total modélisé est de 14 598 m<sup>3</sup> décomposé de la manière suivante :

- Rez de Jardin 27 x31m = 837 m<sup>2</sup>
  - Hauteur int 4.3m
  - Vol : 3600 m<sup>3</sup>
- Rez de Parvis 46x29,5m = 1357 m<sup>2</sup>
  - Vol 5795 m<sup>3</sup>
  - Espace Conte (45 m<sup>3</sup>) non pris en compte
- Etage (R+1)
  - Rez de parvis – Audit
  - Surf : 1357-147 = 1210 m<sup>2</sup>
  - Vol : 5203 m<sup>3</sup>

### 6.1 Profils de charge internes

La particularité de la zone est de comporter un patio en son centre. Les plantes dégagent des charges latentes importantes par évapotranspiration. La valeur des charge internes latentes correspondante est évaluée suivant les données d'évapotranspiration potentielle (ETP) et maximum (ETM) pour un site d'altitude à La Réunion.

	Nb personnes pour occupation 100%	Nb personnes pour occupation 20%	Activité (Met)	Postes info	Eclairage	Evapotranspiration
Zone commune	376	75	1	53	Non pris en compte	4500 w en latent

Tableau 6-1 : Hypothèses de profils de charges internes pour la zone "Administration"

### 6.2 Objectifs recherchés

Les objectifs de simulation de la zone commune sont :

- Vérifier le bon dimensionnement des protections solaires.
- Vérifier qu'il n'y a pas de problème de condensation et d'humidité dans le bâtiment.
- Vérifier les conditions de confort dans la zone en logique été et hiver.

### 6.3 Simulations réalisées

#### Amélioration des protections solaires:

- Recherche des surfaces vitrées recevant les ensoleillements maximum.
- Traitement de ces surfaces par occultation partielle et quantification des améliorations.

#### Dimensionnement de la ventilation :

- En hiver : définition des débits de ventilation pour limiter les problèmes de condensation
- En été : définition des débits de ventilation pour améliorer les conditions de confort dans la zone.

## 6.4 Type de bâtiment simulé

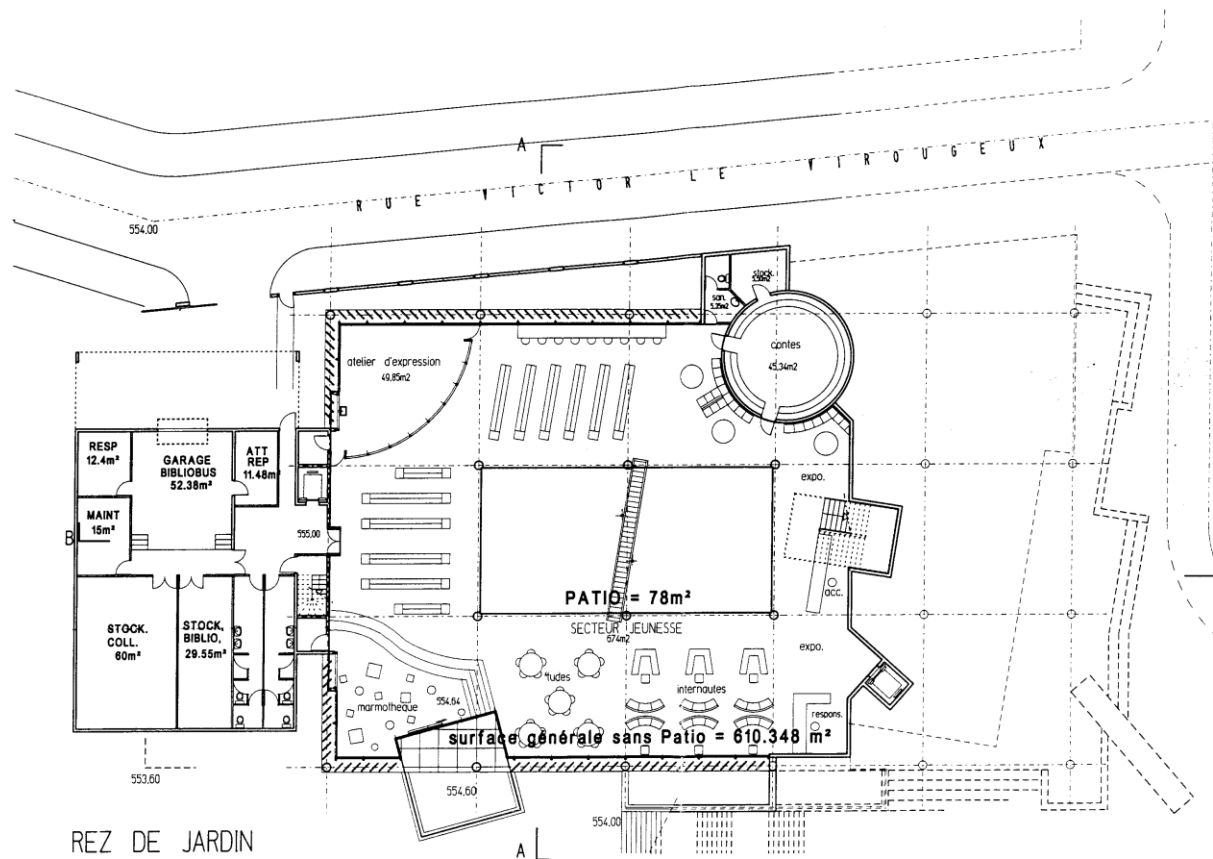


Figure 6-1 : Etude de la zone thermique étudiée niveau rez de jardin.

## 6.5 Présentation des résultats – Conception thermique

### 6.5.1 Impact de la protection solaire des baies

#### 6.5.1.1 Considérations énergétiques

En été (Décembre), la répartition du flux transmis par les vitrages est de 20% de direct et 80% de diffus. En hiver (Juin), elle est de 1/3 de direct et 2/3 de diffus (figure 6-2). Nous nous intéressons, par conséquent, à la diminution des apports solaires par rayonnement diffus.

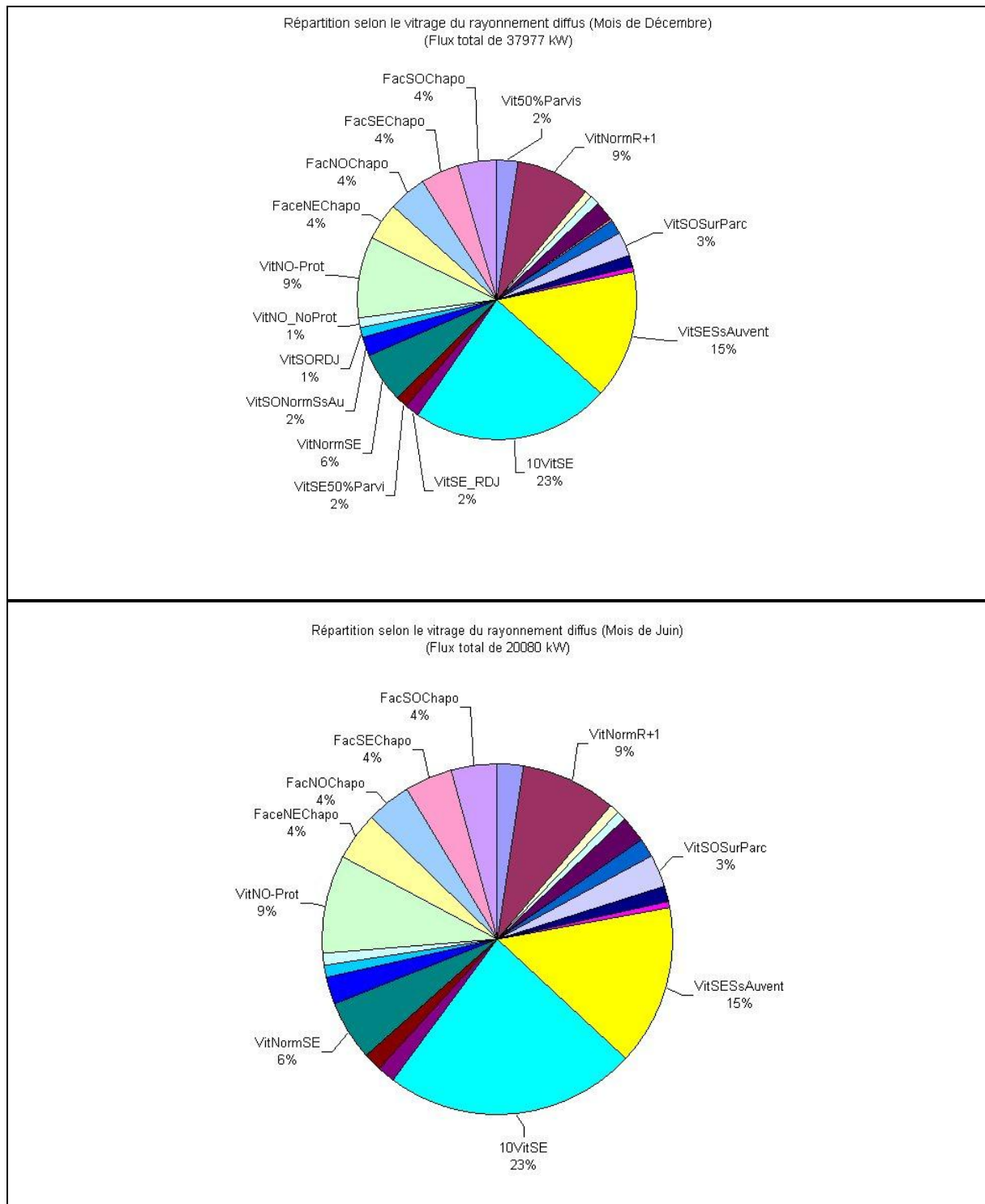


Figure 6-2 : Répartition des flux sur les vitrages pour les mois de décembre et juin.

Il est à priori surprenant que les graphiques précédents fassent apparaître le vitrage *VitSESSAuvent*, i.e. la partie de vitrage de la façade SE se trouvant juste en dessous du débord.

En effet, ses dimensions bien inférieures à *VitSE* le rendent à priori moins susceptible de transmettre des apports importants. Le paramètre qui rend l'enveloppe sensible à ce vitrage est celui de la transmittance de ce dernier, ce vitrage ayant été considéré comme possédant une transmittance à incidence nulle normale (soit  $\tau = 0.8$ ). Il est clair que les autres vitrages de cette même façade sont bien mieux protégés que *VitSESSAuvent*, en particulier vis à vis de la sollicitation diffuse.

**Remarque :** Les images de synthèse (annexe du permis de construire) donnent l'indication de vitrages normaux alors que les plans de façade font état de l'intégration de brise soleils intégrés au vitrages. Les simulations ont été conduites avec la première hypothèse.

Une attention importante est à apporter à l'albédo des parties environnantes qui doit être choisie aussi faible que possible. L'objectif est, vis à vis du confort d'été, d'éviter que l'environnement proche de la médiathèque ne réfléchisse le rayonnement solaire impactant le sol. Les indications fournies font état d'un traitement végétal ou minéral des abords immédiats du bâtiment, aussi nous nous attacherons plus spécifiquement au traitement des vitrages.

### 6.5.1.2 Correction de la répartition du diffus par protection des vitrages

Pour diminuer l'ensoleillement dans la zone, nous proposons l'utilisation de stores déroulants intérieurs ou de rideaux. Ce type de protection permet de réduire la transmission du rayonnement, spécifiquement au travers des vitrages Est et Ouest. La solution stores intérieurs permet aussi aux usagers un meilleur contrôle du confort visuel (diminution du risque d'éblouissement, diffusion du rayonnement direct traversant, uniformisation de l'éclairage, ...). Le principe en est exposé sur le schéma suivant :

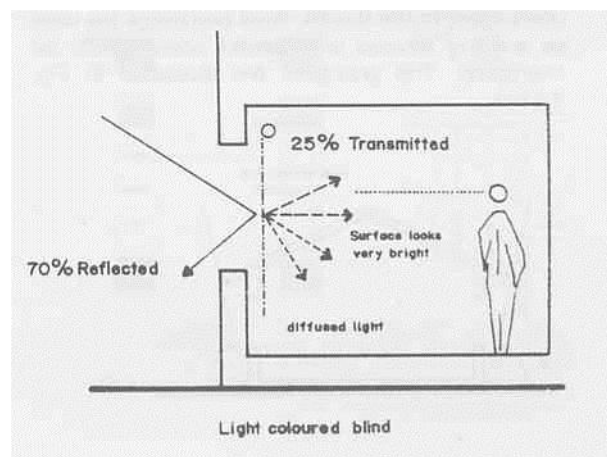


Figure 6-3 : Part du rayonnement solaire réfléchi (70%) et transmis (25%) avec un store de couleur claire.

Il est préférable de choisir des couleurs réfléchissant le rayonnement solaire (soit une absorptivité faible, donc de couleur claire). Le rayonnement intercepté (après traversée du vitrage de l'extérieur vers l'intérieur) est alors en partie réfléchi vers le vitrage et peut ressortir de l'enveloppe (dépendant bien sûr de la transmittance du vitrage). L'autre part du rayonnement ayant traversé initialement le vitrage est principalement transmise de façon diffuse sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde, contribuant à un

meilleur éclairage des espaces intérieurs. Lorsque la température du vitrage est supérieure à celle de l'air intérieur, ces dispositifs aident aussi à réduire les gains convectifs.

A l'inverse, le choix d'une couleur sombre conduit à absorber le rayonnement solaire et augmenter la température du store intérieur qui le redistribue ensuite à la pièce sous forme de rayonnement de grande longueur d'onde. L'efficacité thermique obtenue est alors nulle (dans certains cas, diminution des conditions de confort intérieur) et dégrade de surcroît les conditions d'éclairage intérieur.

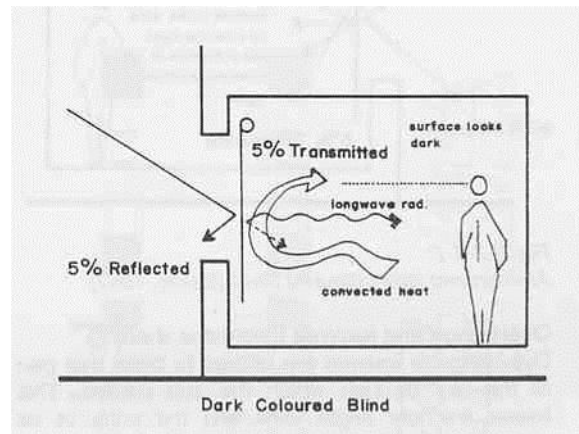


Figure 6-4 : Part du rayonnement réfléchi (5%) et transmis par courte longueur d'onde (5%) et par convection et rayonnement infra-rouge (90%).

Dans l'objectif de diminuer les flux solaires pénétrant dans la zone, nous étudierons l'influence de la présence de protections solaires de type stores de couleur claire.

Les simulations montrent que les vitrages à traiter, par ordre d'importance, sont :

- 10VitSE, responsable de 23% des apports diffus
- VitSEsAuvent (15%)
- VitNormR+1 (9%)
- VitNO-Pro(9%)

L'emplacement de ces vitrages sur les plans est reporté sur les schémas ci-dessous :

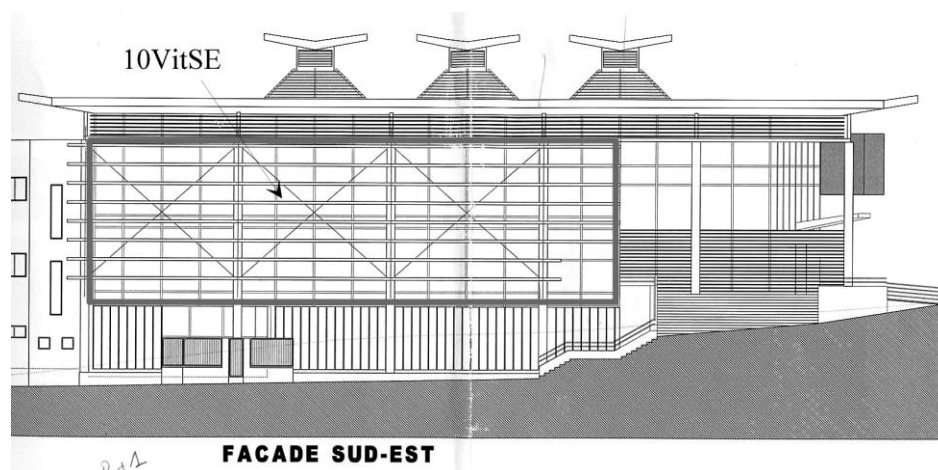


Figure 6-5 : Repérage vitrage 10vitSE

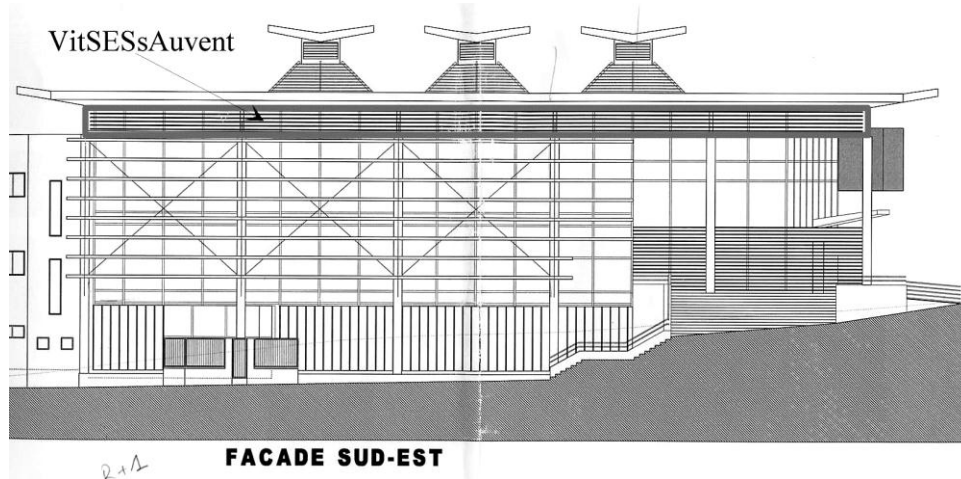


Figure 6-6 : Repérage vitrage vitSEsAuvent

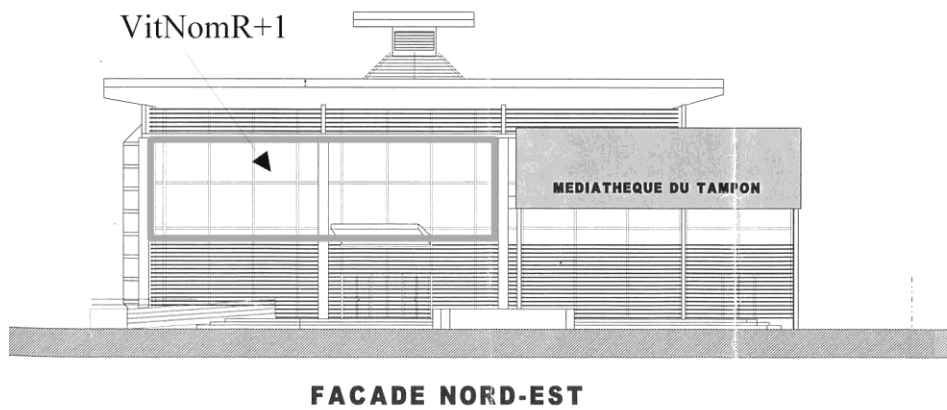


Figure 6-7 : Repérage vitrage VitNomR+1

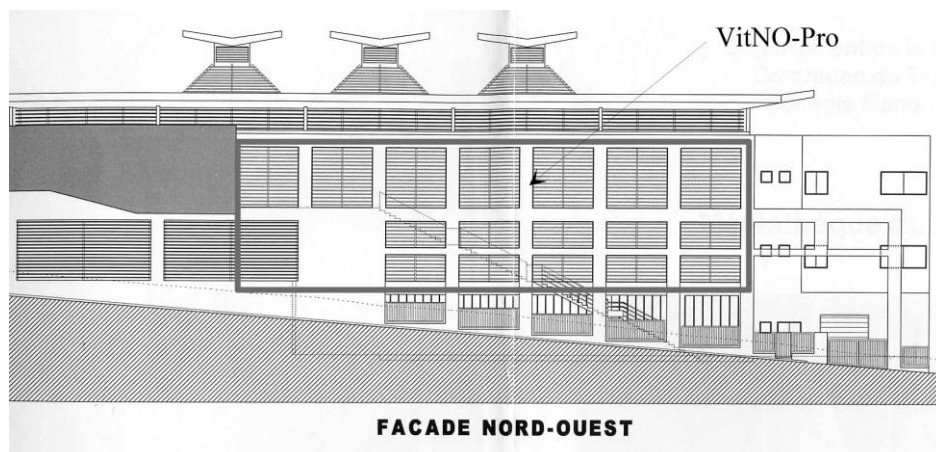


Figure 6-8 : Repérage vitrage VitNO-Pro

La répartition de l'ensoleillement sur les vitrages après modification des caractéristiques radiatives est présentée sur les graphes ci-après.



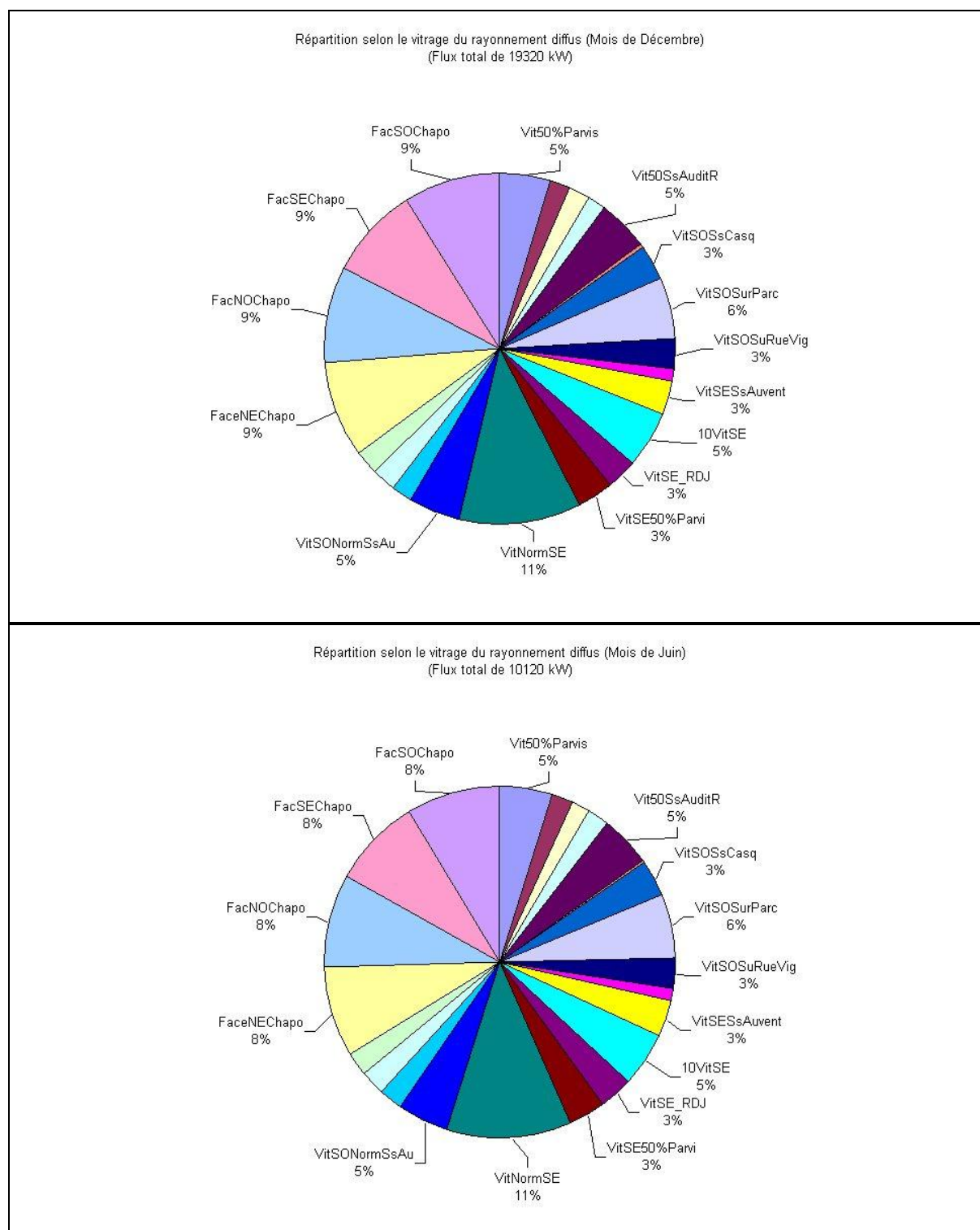


Figure 6-9 : Répartition des flux par les vitrages avec application de stores de couleur claire.

La diminution des apports solaires mensuels dans la zone peut être évaluée à l'aide du tableau ci-dessous :

	Avant traitement	Après traitement	% de réduction
Flux diffus	37 977 kWh	19 316 kWh	50 %
Flux direct	9 885 kWh	8 763 kWh	12 %

Tableau 6-2 : Amélioration apportée par l'utilisation des protections solaires

### 6.5.1.3 Considérations en terme de confort

#### 6.5.1.3.1 Hypothèse d'étude :

Nous considérons le bâtiment avec des protections solaires sur les virages identifiés au paragraphe précédent:

- 10VitSE,
- VitSEsAuvent
- VitNormR+1
- VitNO-Pro

Et doté d'une VMC :

- de 9 000 m<sup>3</sup>/h en hiver en fonctionnement continu
- 18 000 m<sup>3</sup>/h en été, toujours en fonctionnement continu

Le confort aux heures d'ouverture (entre 8h et 18h) est qualifié par les indicateurs :

- Température résultante
- Diagramme de confort
- PMV

#### En hiver

Véture = 1 Clo

Activité = 1.2 Met

Vitesse d'air = 0,1 m/s.

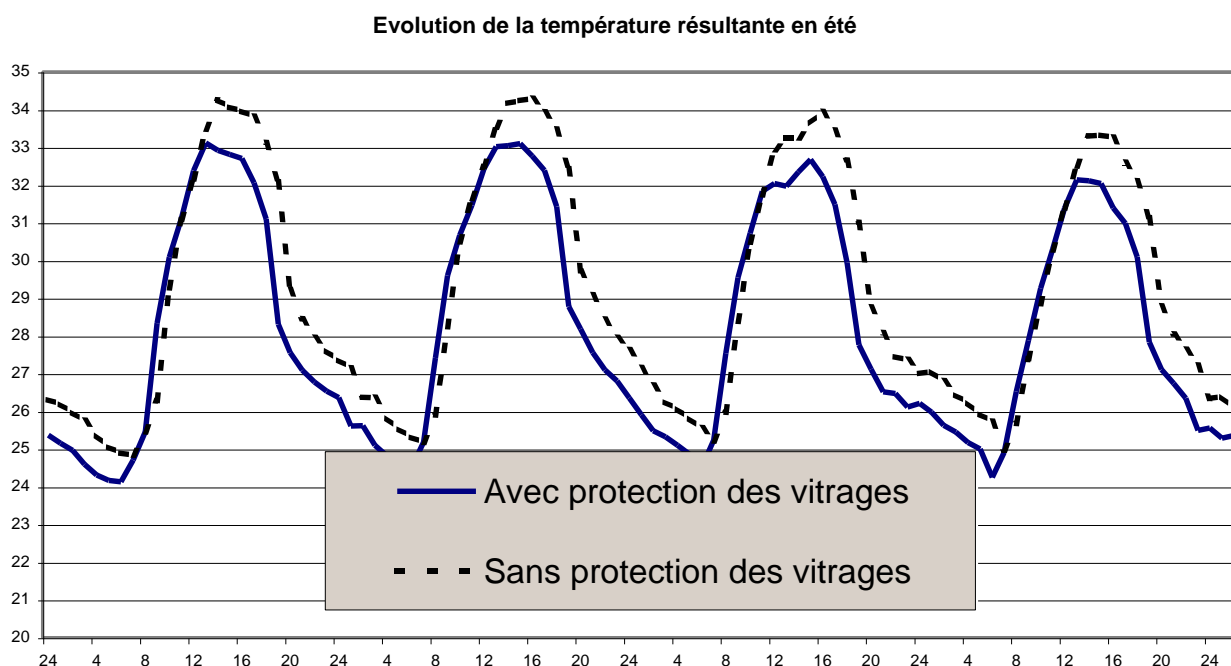
#### En été

Véture= 0,5 Clo

Activité = 1.2 Met

vitesse d'air = 0,5 m/s

#### 6.5.1.3.2 Température résultante



La figure ci-dessus montre qu'une meilleure protection se traduit par une diminution significative de la température d'air de 1.5°C.

### 6.5.1.3.3 Diagrammes de Confort

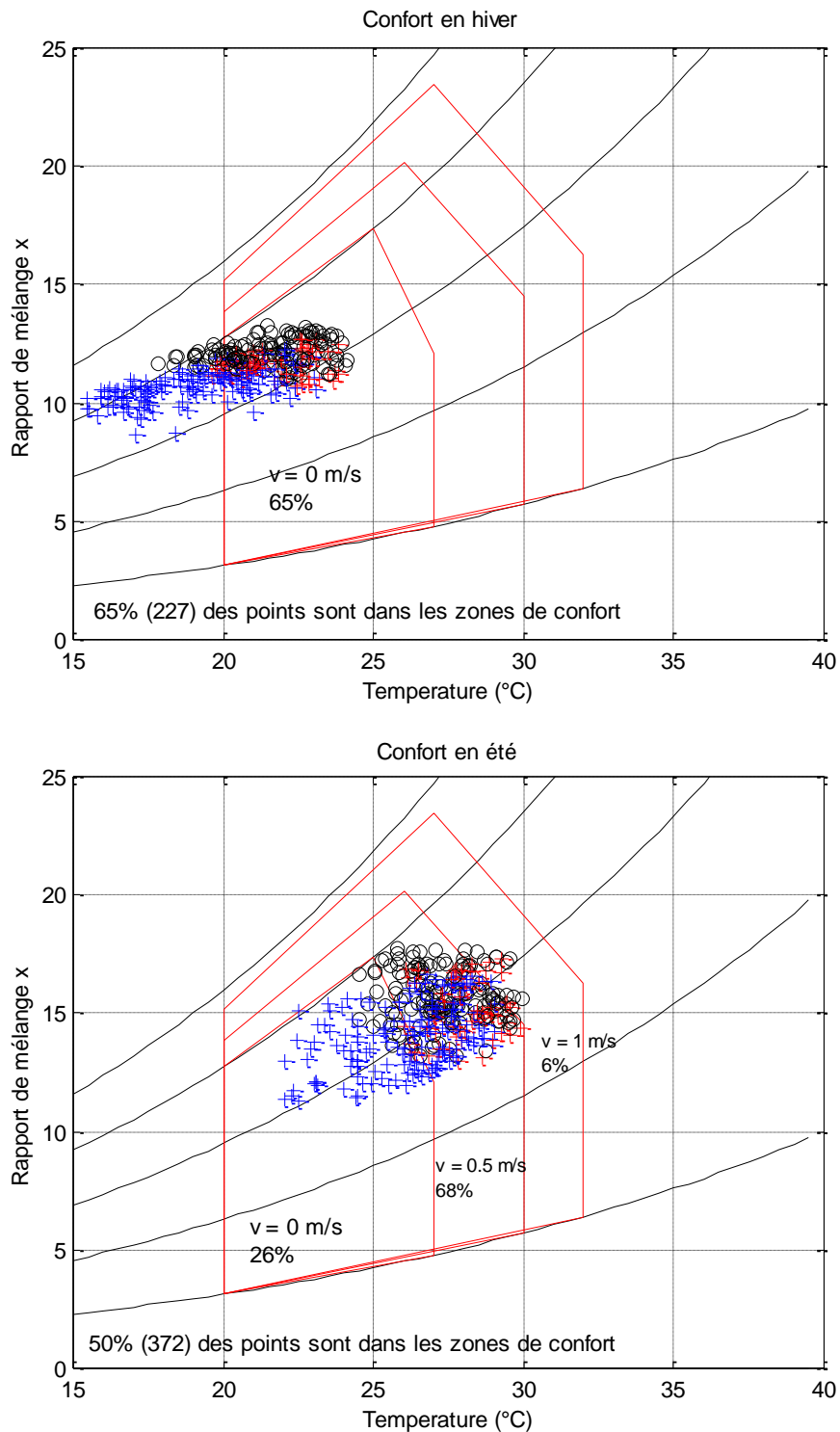


Figure 6-10 : diagramme de confort du bâtiment modifié avec protections solaires en hiver et en été.

Les diagrammes de confort montrent que pendant les heures d'ouverture de la médiathèque le confort est acceptable en hiver. En été, une vitesse d'air minimum de 0,5m/s est nécessaire pour atteindre les objectifs de confort.

### 6.5.1.3.4 Analyse du PMV

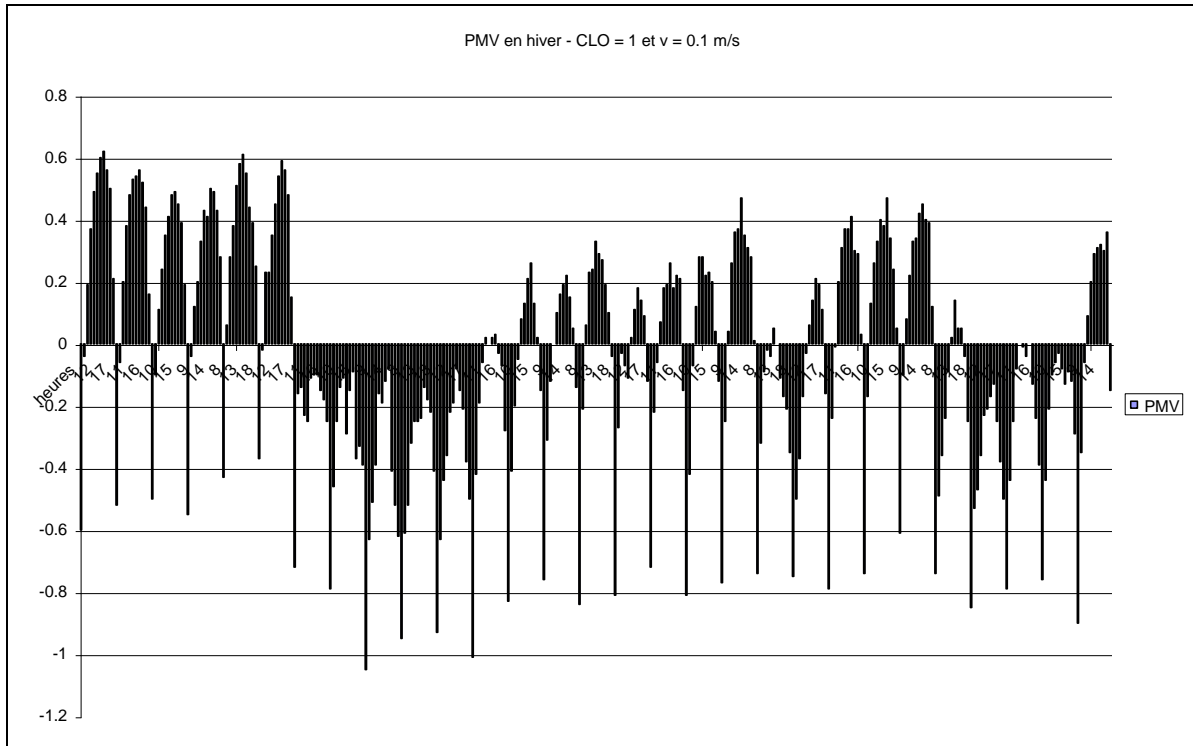


Figure 6-11 : Evolution du PMV en hiver pour le bâtiment amélioré

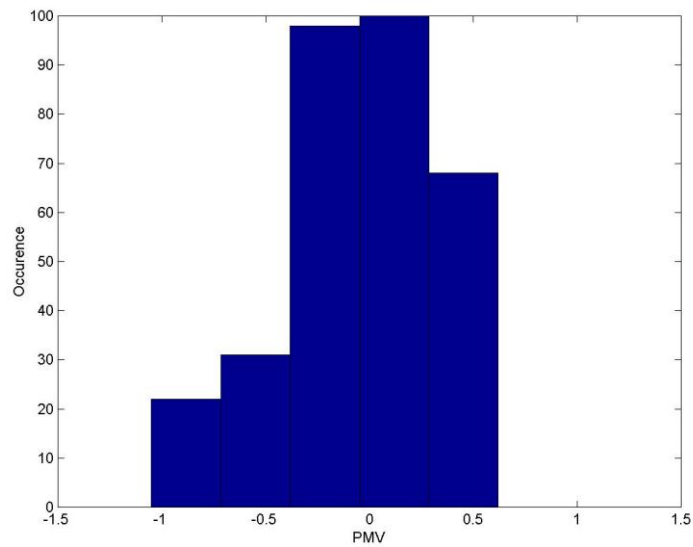


Figure 6-12 : Occurrence des indices de confort PMV sur la période de simulation hiver

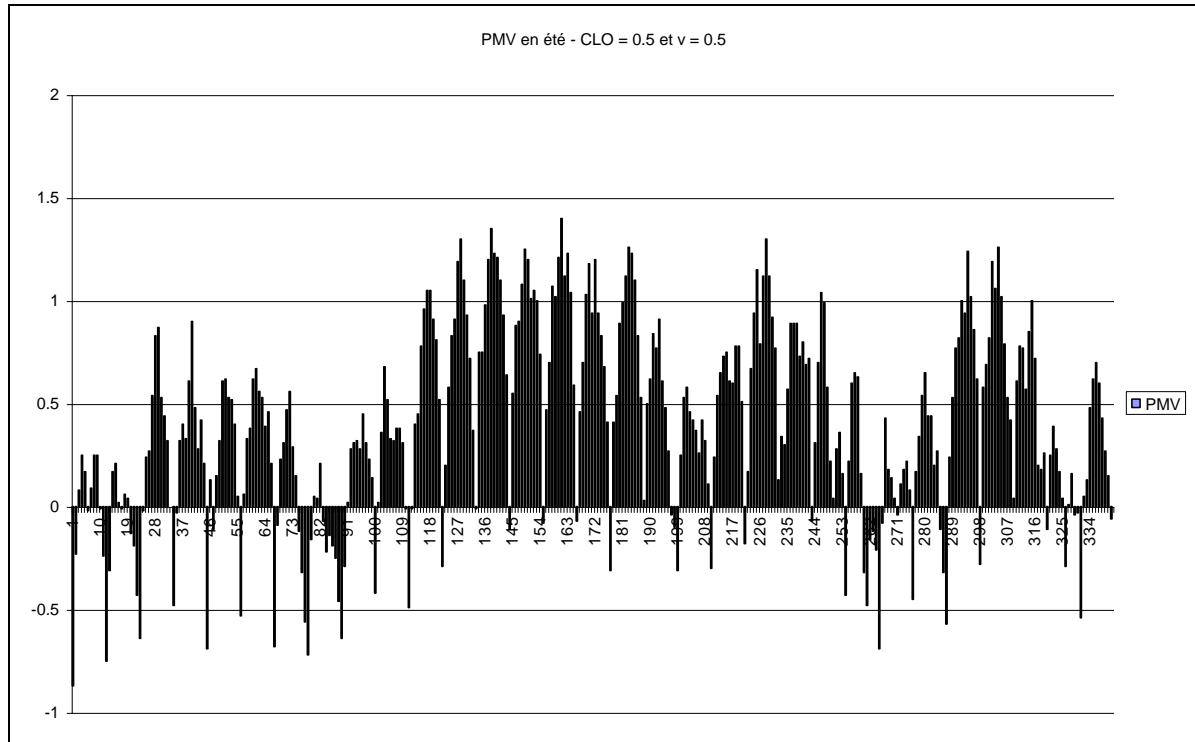


Figure 6-13: Evolution du PMV en été pour le bâtiment amélioré.

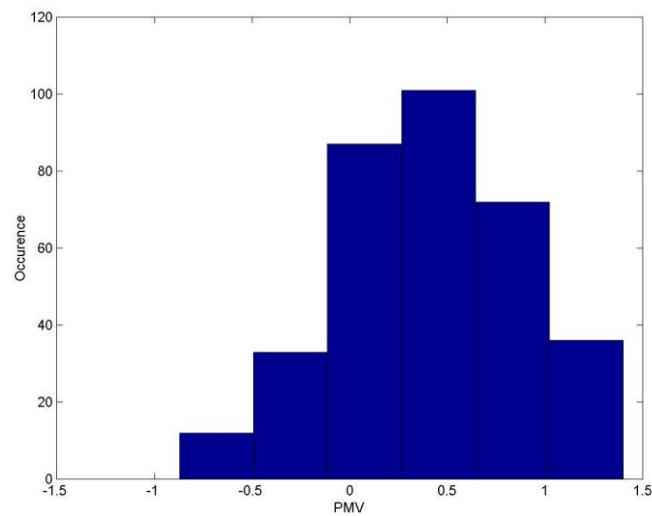
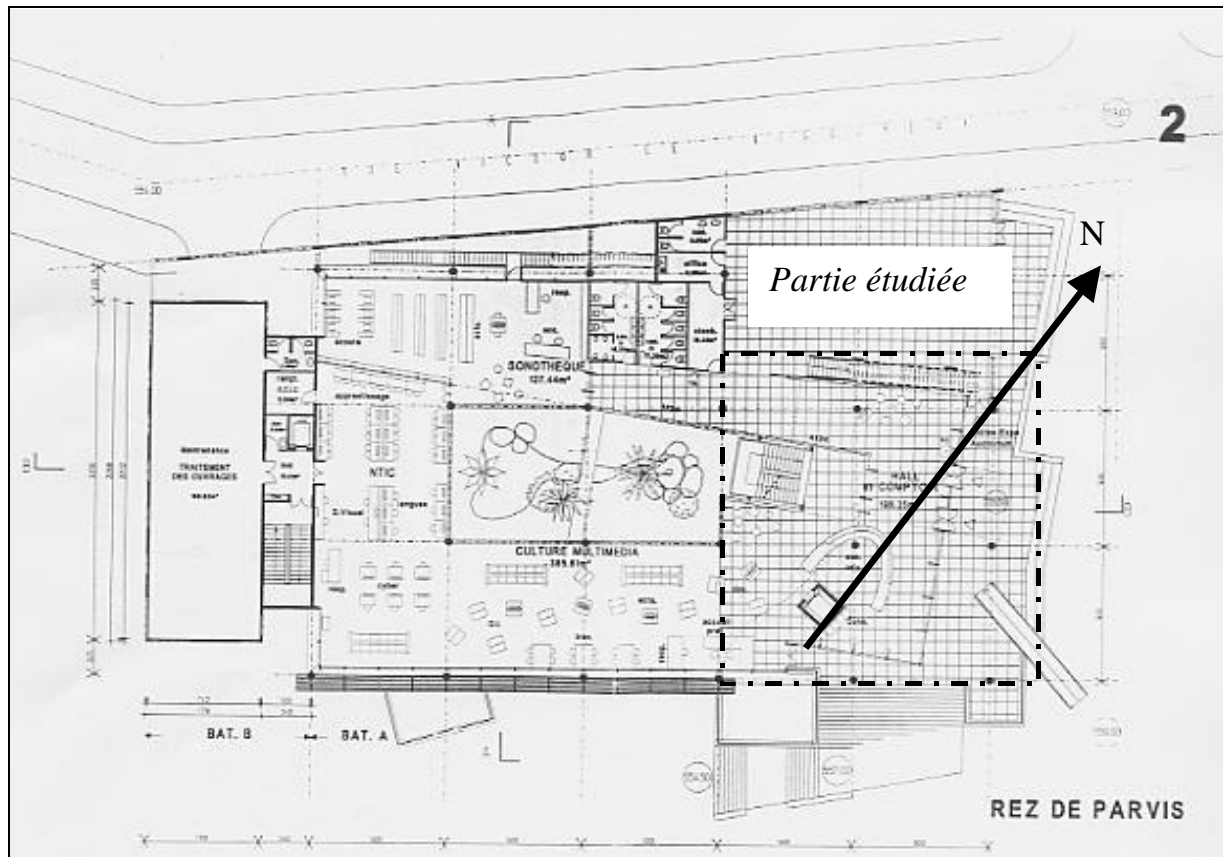


Figure 6-14: Occurrence des indices de confort PMV sur la période de simulation été.

Les résultats de l'indice PMV confirment le bon comportement du bâtiment en hiver. En été, certaines courtes périodes peuvent entraîner des situations de léger inconfort avec une sensation de chaud.

#### 6.5.1.4 Etude de l'ensoleillement de la partie accueil.

Le problème est principalement de protéger le comptoir et plus généralement le hall d'entrée d'un ensoleillement trop important menant à un éblouissement, une surchauffe, etc...



L'exposition des façades concernées (façades sud-est et nord-est) varie en fonction des saisons. Ces façades disposent déjà d'une protection solaire de 3.95 m de hauteur. L'étude de l'impact solaire sur les façades concernées en fonction des différentes périodes de l'année a été effectuée. Un objectif est de mettre la zone d'accueil (le comptoir) à l'abri d'un ensoleillement direct et d'éviter toute gêne pour le personnel en poste.

En saison fraîche, la hauteur de soleil n'excède pas  $45^\circ$ , ce qui entraîne un éclairage de la zone du comptoir pour la matinée (à partir de 8 h 30). Des protections solaires supplémentaires de type store de 3.54 m de hauteur seraient nécessaires (voir figure suivante).

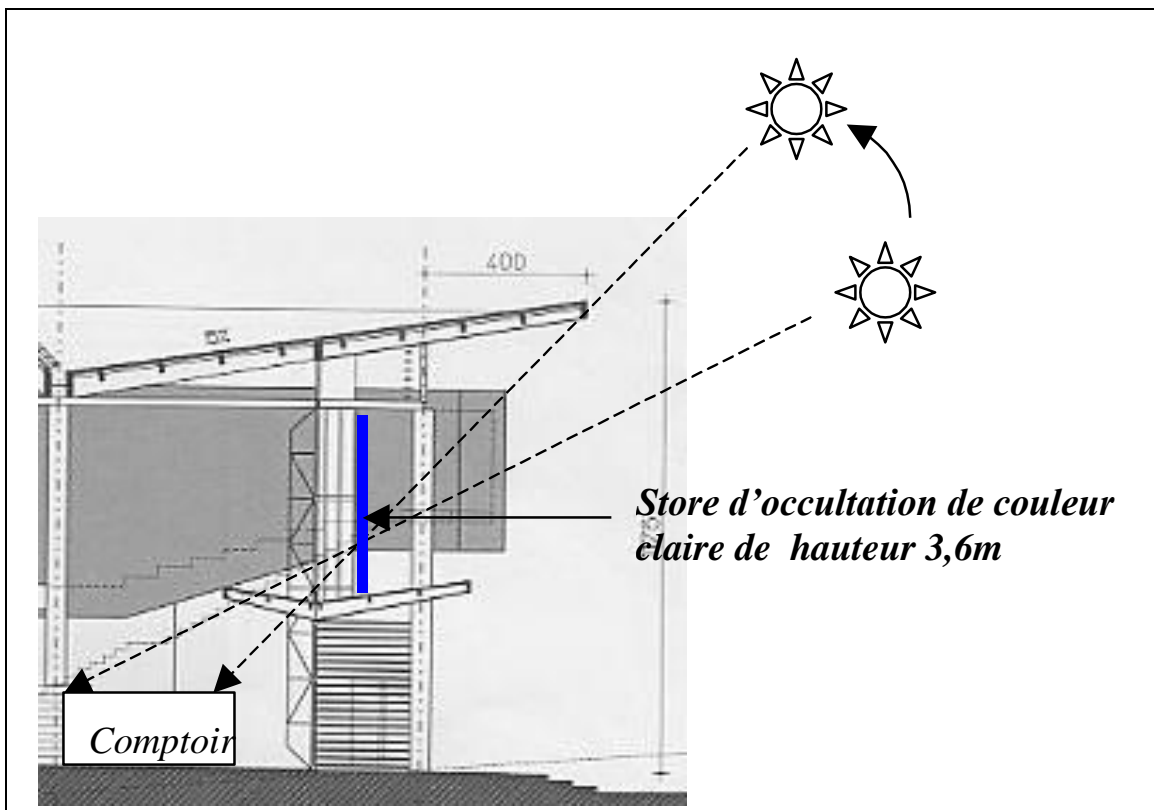
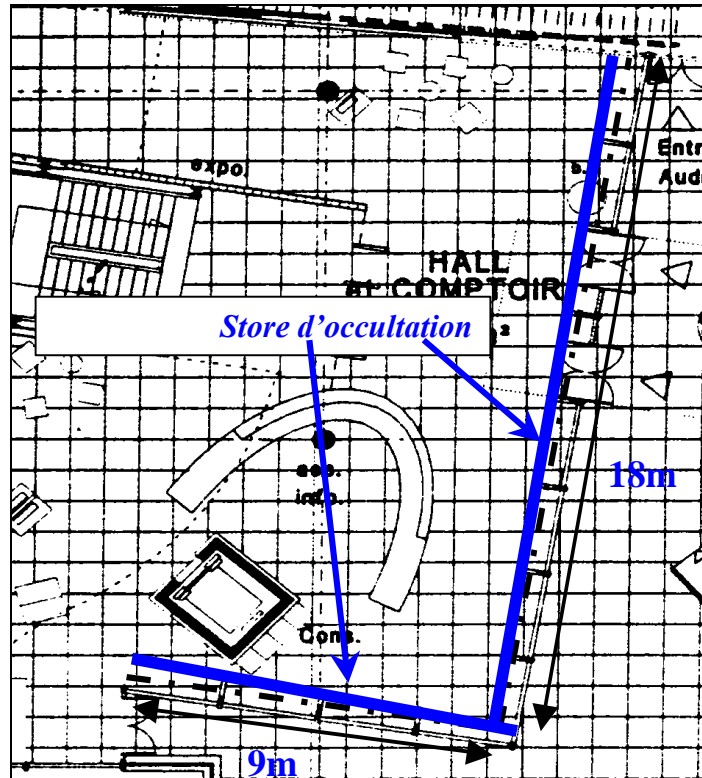


Figure 6-15 : Implantation des protections solaires par stores déroulants

En été, l'éclairage de la zone de comptoir n'est assuré que pendant le début de journée (8h30 - 9h30) , le soleil est ensuite assez haut pour que le débord de toiture assure sa protection.

Le tableau suivant présente pour les saisons d'été et d'hiver les surfaces (en pourcentage) de façade exposée entraînant l'éclairage de la zone d'accueil.

Heure	facteur solaire en été (%)	facteur solaire en hiver (%)
6h	0	0
7h	0	0
8h	13	0
9h	20	16
10h	0	20
11h	0	35
12h	0	35

Tableau 6-3 : Répartition de l'ensoleillement sur les façades éclairant le comptoir d'accueil en fonction de la saison.



## 6.6 Présentation des résultats – Influence de la ventilation

L'objectif de cette étude est de déterminer les améliorations possibles des conditions de confort et des problèmes de condensation qu'il est possible d'obtenir en modulant le débit de ventilation dans la zone. La base de calcul est le débit volumique de renouvellement d'air hygiénique évalué à 9 000 m<sup>3</sup>/h pour l'ensemble de la zone.

### 6.6.1 Traitement des problèmes de condensation

Le risque de condensation sur les surfaces opaques ou vitrées apparaît principalement pendant la saison froide. Le mois testé est le mois de juin, identifié comme le plus froid de l'année. Les différents scénarii testé sont présenté dans le tableau ci-dessous :

	Débit de ventilation	Profil	occupation	Activité (Met)
Scénario 1 : sans VMC	0 m <sup>3</sup> /h	sans	100% (376 pers)	1
Scénario 2 VMC hygiénique le jour	9000 m <sup>3</sup> /h	VMC que le jour	100%	1
Scénario 3 VMC hygiénique	9000 m <sup>3</sup> /h	VMC toute la journée	100%	1
Scénario 4 VMC hygiénique occupation réduite	9000	VMC toute la journée	25% 75pers	1
Scénario 5 VMC forcée	18000	VMC toute la journée	100% 376pers	1

Tableau 6-4 : Scenarii d'essai pour les problèmes de condensation

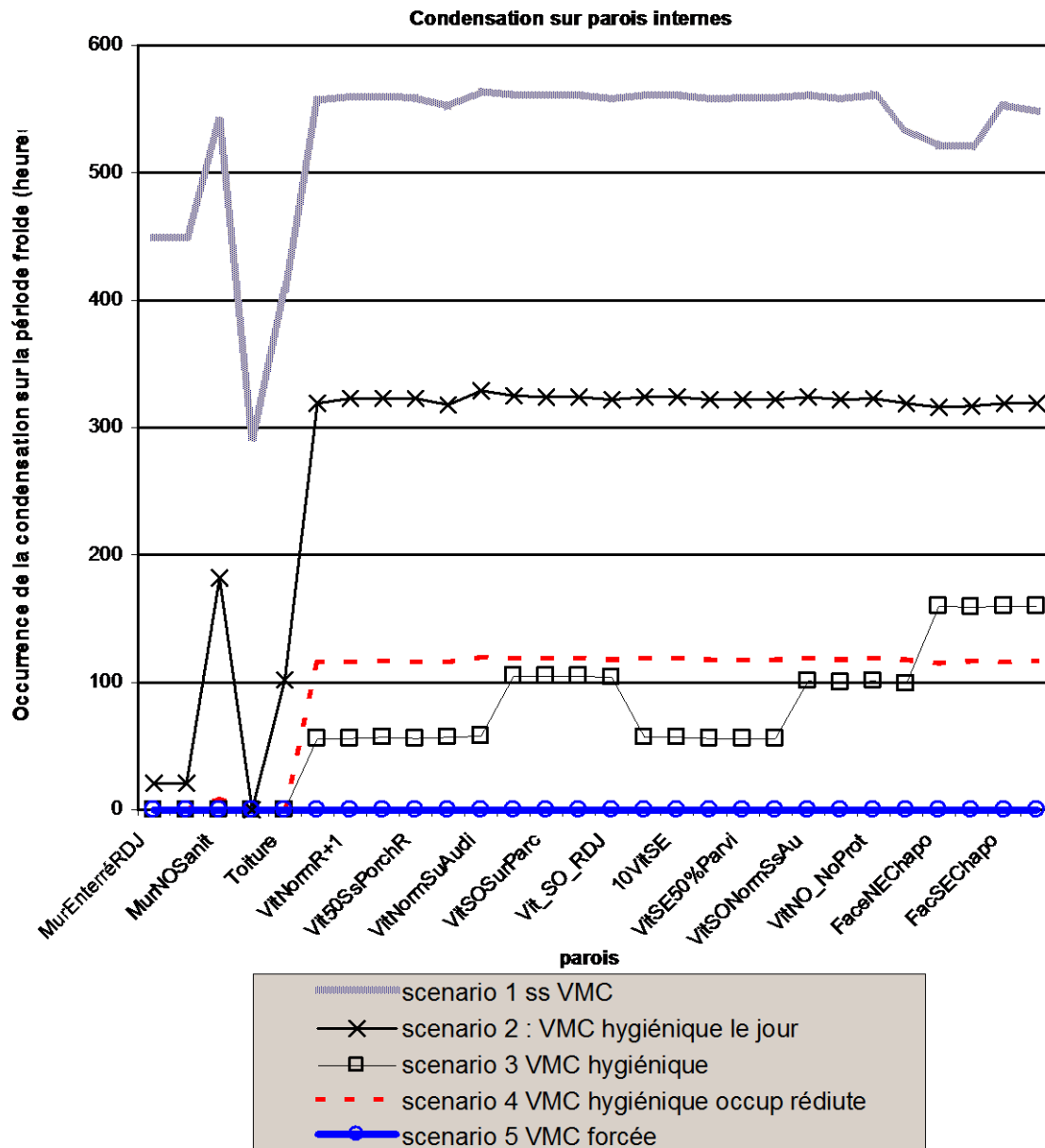


Figure 6-16 : Occurrence de la condensation sur les parois

Les résultats des simulations (figure ci-dessous) réalisées sur la base des scénarii présentés ci-dessus mettent en évidence la **nécessité de réaliser une ventilation importante de la zone commune**.

Il apparaît que le débit de ventilation hygiénique (9 000 m<sup>3</sup>/h) ne permet pas d'éviter l'apparition de condensation quelque soit le profil d'occupation.

Ces problèmes disparaissent totalement pour un **débit de VMC forcé à 18000 m<sup>3</sup>/h**.

## 6.6.2 Etude des conditions de confort en hiver

L'étude des conditions de confort dans la zone commune s'appuie sur les scénarii étudiés pour la résolution des problèmes de condensation. L'analyse est faite à partir des valeurs des températures résultantes, du diagramme de confort et du PMV.

### 6.6.2.1 Températures résultantes d'air

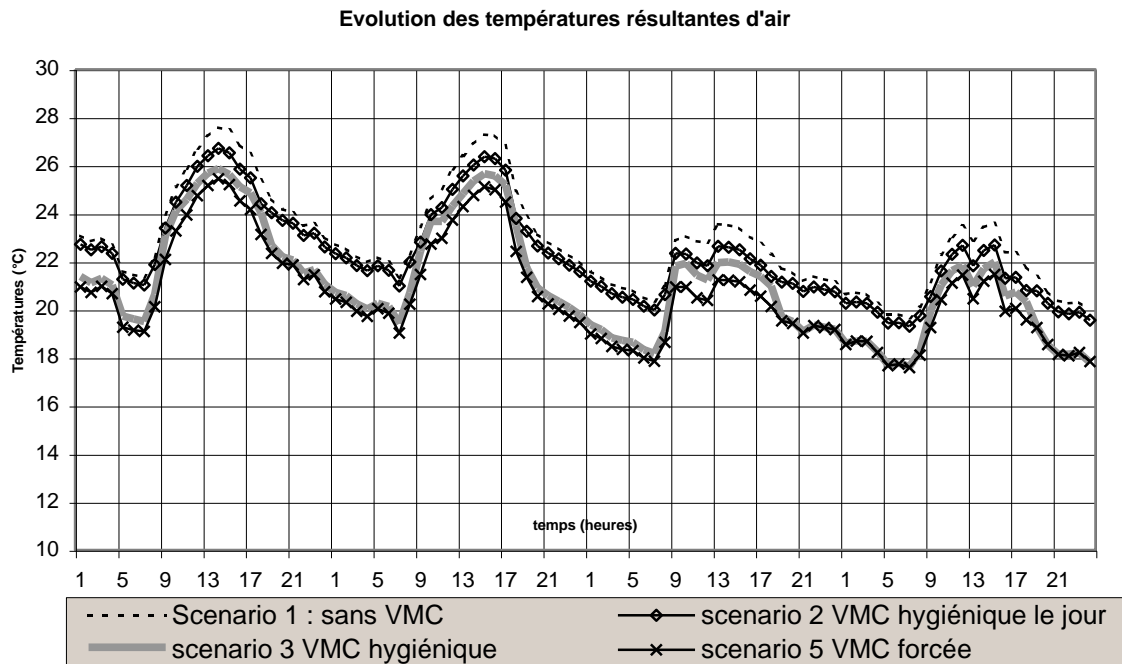
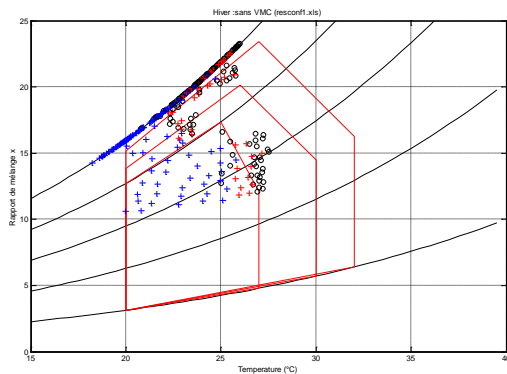
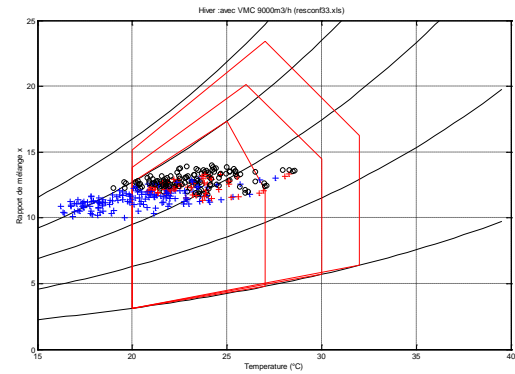


Figure 6-17 : Evolution des températures résultantes.

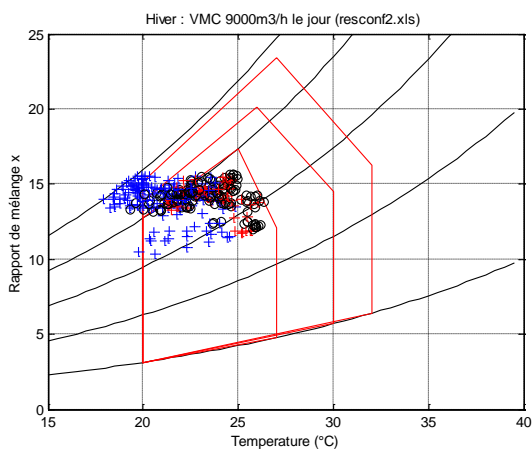
### 6.6.2.2 Diagramme de confort



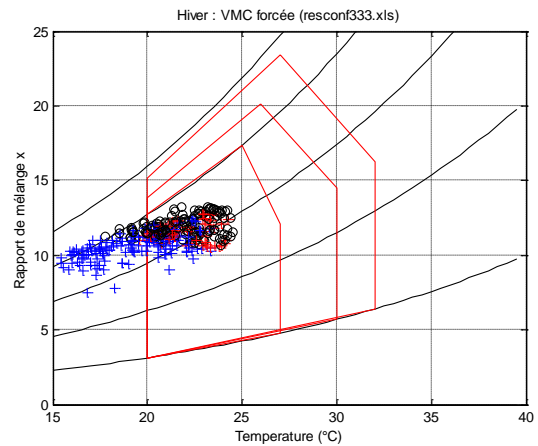
Scénario 1 : sans VMC



Scénario 3 VMC : hygiénique



Scénario 2 : VMC hygiénique le jour



Scénario 5 : VMC forcée

L'étude des diagramme de confort permet de visualiser clairement les problèmes liés au taux d'humidité dans la zone. Le rôle de la ventilation apparaît aussi en évacuant les charges internes.

### 6.6.2.3 Analyse du PMV

Les évolutions du PMV sont données sur les graphes suivants pour les différents scénarii retenus et pour toute la période d'hiver.

Hypothèse de calculs de l'indice PMV sont les suivantes :

- Vesture = 1 clo (pantalon et chemise et pull)
- Vitesse d'air : 0,1 m/s (circulation d'air due à la VMC)

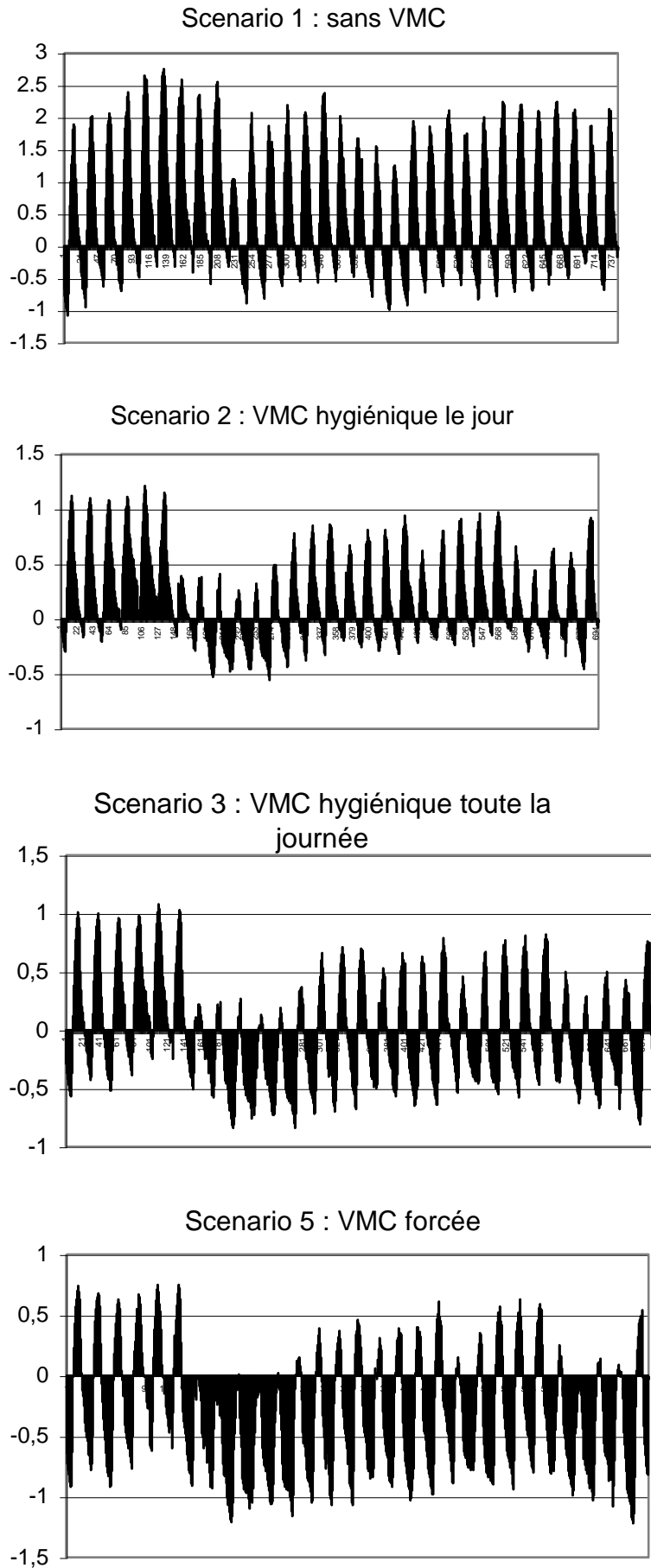


Figure 6-18 : évolution du PMV sur la période d'hiver dans la zone commune

Sur le dernier scénario (scénario 5) nous présentons un zoom sur une période de trois jours afin de visualiser les périodes d'occupation de la zone et d'évaluer les conditions de confort des occupants.

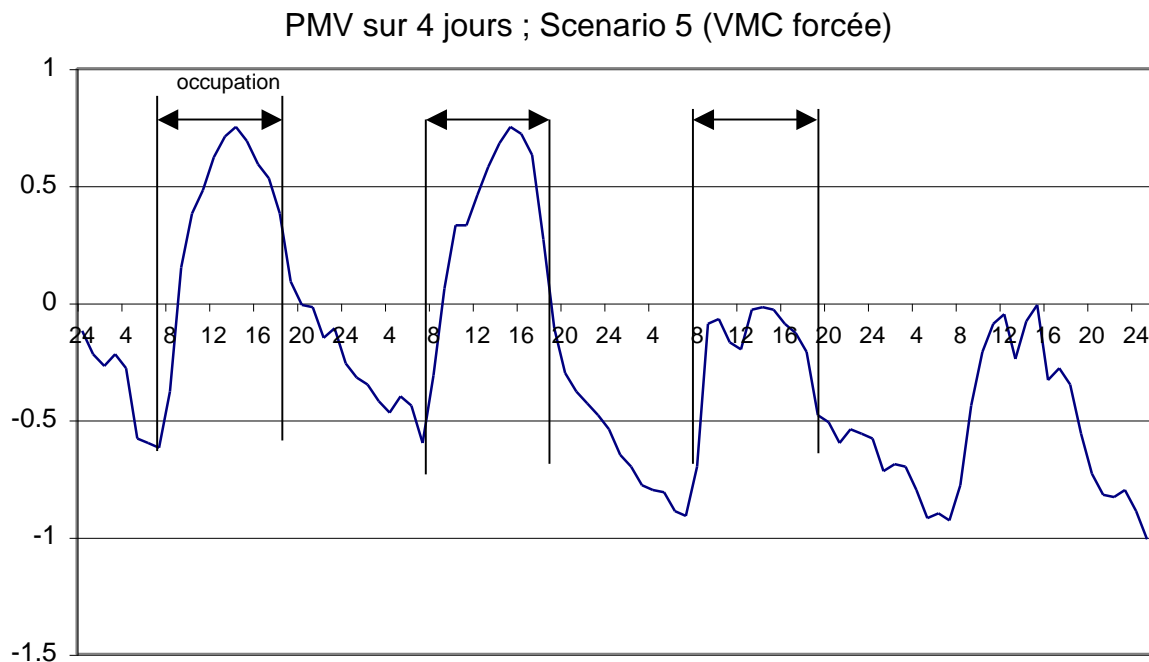


Figure 6-19 : Evolution du PMV sur 4 jours

#### Calcul des moyennes et écart types due l'indice PMV:

	Moyenne PMV	Ecart type PMV
Scenario 1 : sans VMC	0,60	0,96
Scenario 2 VMC hygiénique le jour	0,18	0,40
Scenario 3 VMC hygiénique	-0,04	0,46
Scenario 5 VMC forcée	-0,34	0,50

Tableau 6-5 : Analyse des moyennes et écarts types des valeurs des indices PMV pour les différents scénarii.

#### Résumé de l'analyse des conditions de confort en hiver :

Les simulations montrent que, pendant cette période, les conditions de confort ne sont pas atteintes dans la zone en l'absence de traitements spécifiques (pas de VMC et VMC le jour uniquement).

Ainsi il est nécessaire de prévoir un débit de ventilation dans la zone pour diminuer la température et évacuer la charge d'ensoleillement. Un débit de ventilation hygiénique (9000 m<sup>3</sup>/h) est suffisant pour maintenir des conditions de confort satisfaisantes (voir scénario 3 Figure 6-18). LE PMV reste compris entre 1 et -0.7 pour une vêtue de 1 Clo. Il resterait inférieur à 0.5 pour une vêtue de 0.5 Clo.

Toutefois, nous avons précédemment vu qu'il pouvait y avoir des problèmes de condensation sur les parois vitrées à ce taux de renouvellement d'air. Pour éviter tout risque de condensation, il est donc nécessaire de prévoir une augmentation du débit à une valeur de 18000 m<sup>3</sup>/h.

Comme les besoins de ventilation sont variables, il serait intéressant de prévoir une VMC asservie aux conditions intérieures

### 6.6.3 Etude des conditions de confort en été

Seuls trois scénarii parmi ceux présentés précédemment ont été testés sur les conditions été. Ce choix s'est fait dans l'objectif de combattre les charges dues au soleil et les charges internes latentes. La VMC forcée correspond à un débit de 18 000m<sup>3</sup>/h. Nous testons d'autre part un débit de ventilation maximum de 50 000m<sup>3</sup>/h. Cette valeur tient compte de l'encombrement disponible dans les tourelles en partie haute du patio.

	Débit de ventilation	Profil	occupation	Activité (Met)
Scénario 3 VMC hygiénique	9000 m <sup>3</sup> /h	VMC toute la journée	100%	1
Scénario 5 VMC forcée	18 000 m <sup>3</sup> /h	VMC toute la journée	100% 376pers	1
Scénario 6 VMC max	50 000 m <sup>3</sup> /h	VMC toute la journée	100% 376pers	1

Tableau 6-6 : Scénarii testés en conditions été

#### 6.6.3.1 Températures résultantes d'air et humidité relative

Evolution des températures résultantes d'air sur 4 jours

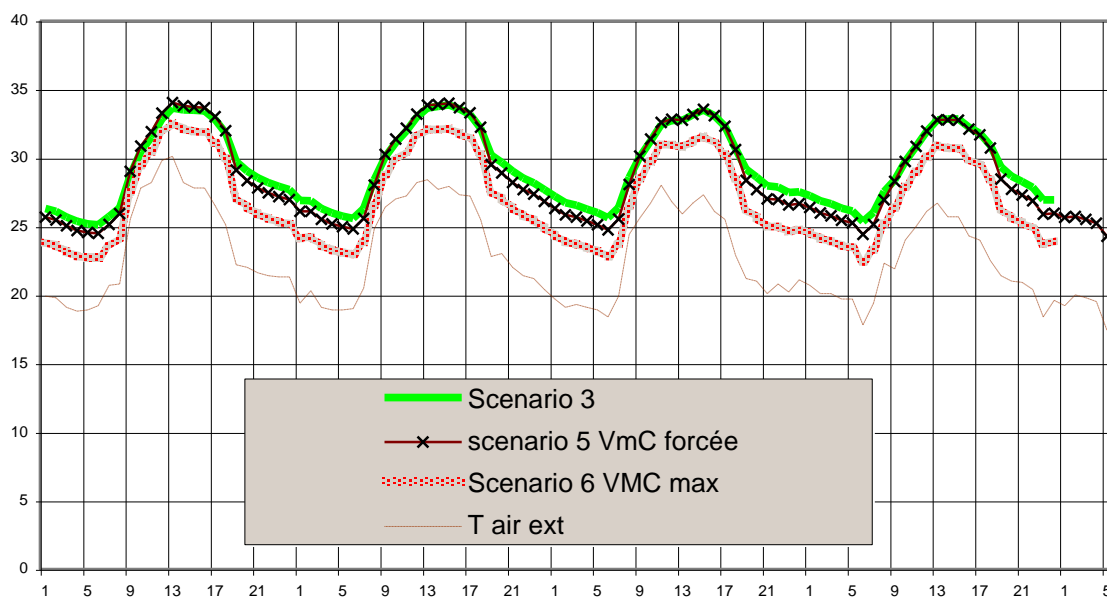


Figure 6-20 : Evolution des températures résultantes sur 4 jours

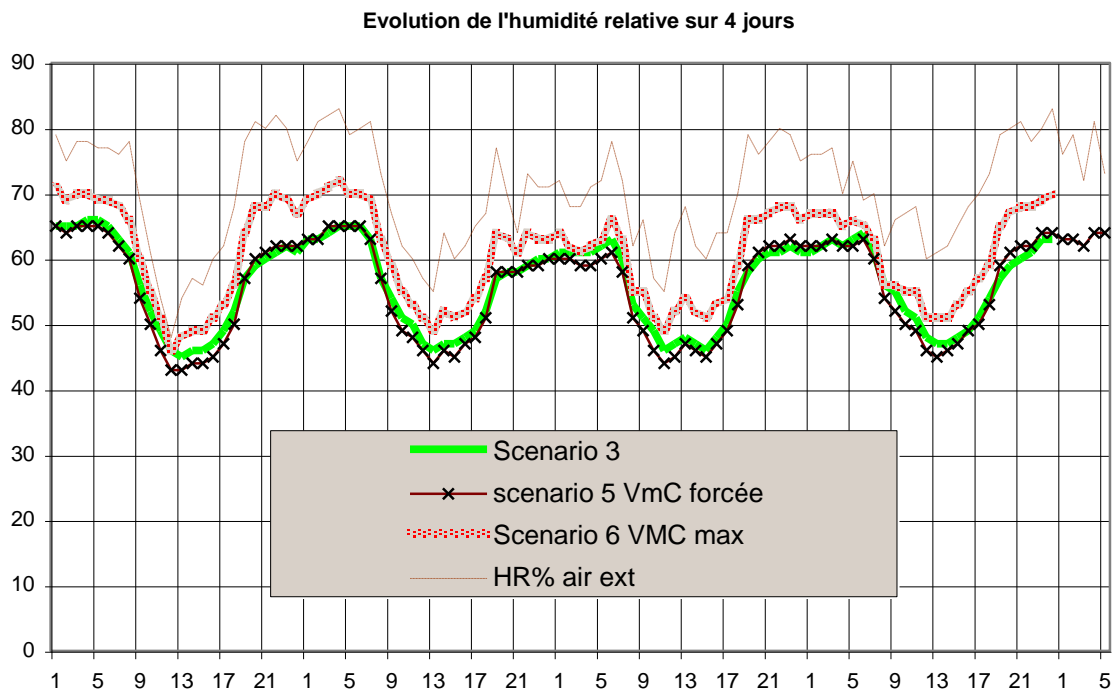
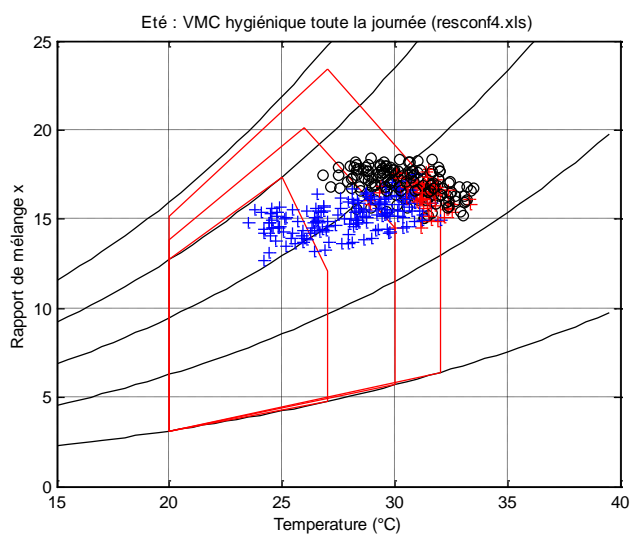


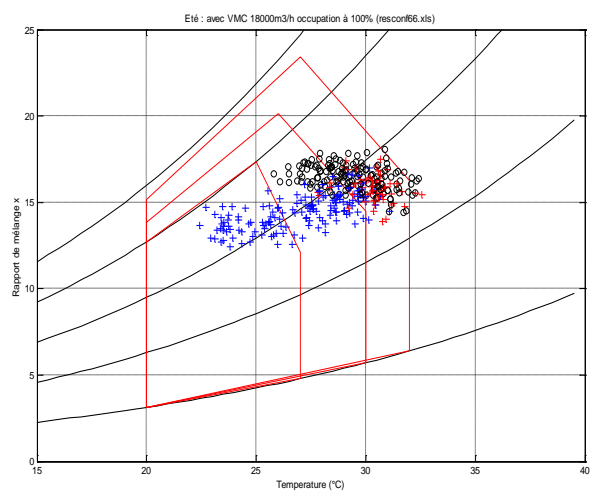
Figure 6-21: Evolution de l'humidité relative sur 4 jours



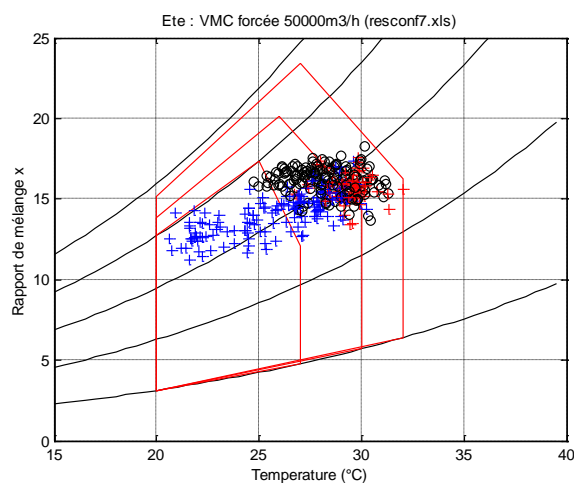
### 6.6.3.2 Diagramme de confort pour différents scénarii de ventilation – période été



Scénario 3 (VMC hygiénique le jour uniquement)



Scénario 5 (VMC forcée 18 000 m3/h)



Scénario 6 (VMC forcée max 50 000 m3/h)

#### Commentaires sur les diagrammes de confort pour différents scénarii de ventilation.

Les diagrammes de confort montrent qu'il est nécessaire de prévoir une circulation d'air variant entre 0,5 et 1 m/s pour atteindre les zones de confort. La présence des brasseurs d'air dans la zone est donc nécessaire en été.

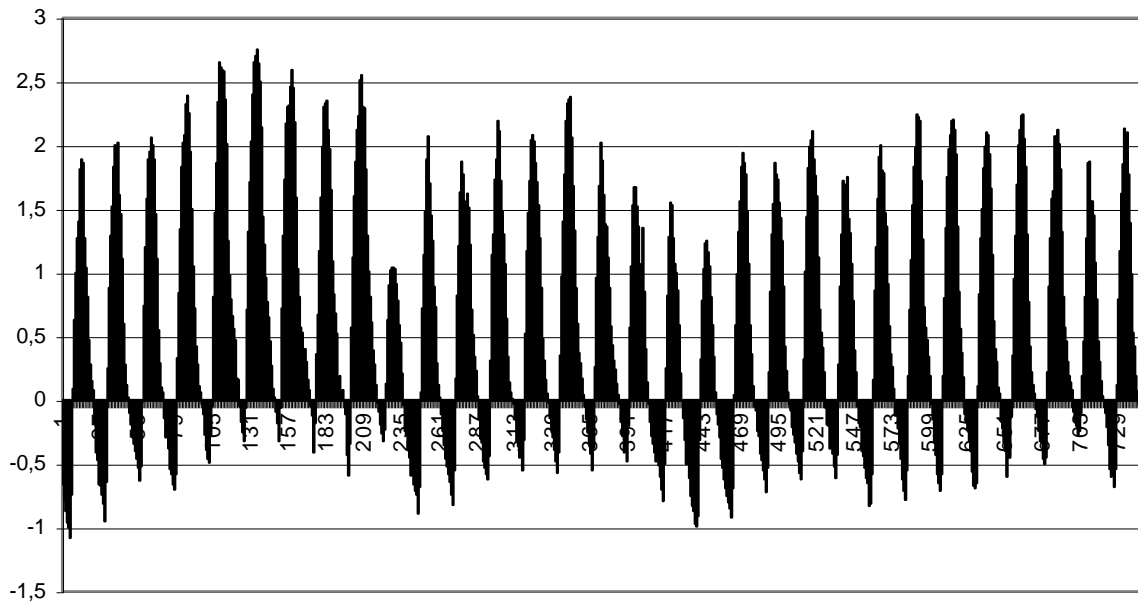
### 6.6.3.3 Analyse du PMV

Hypothèse de calculs du PMV en logique été :

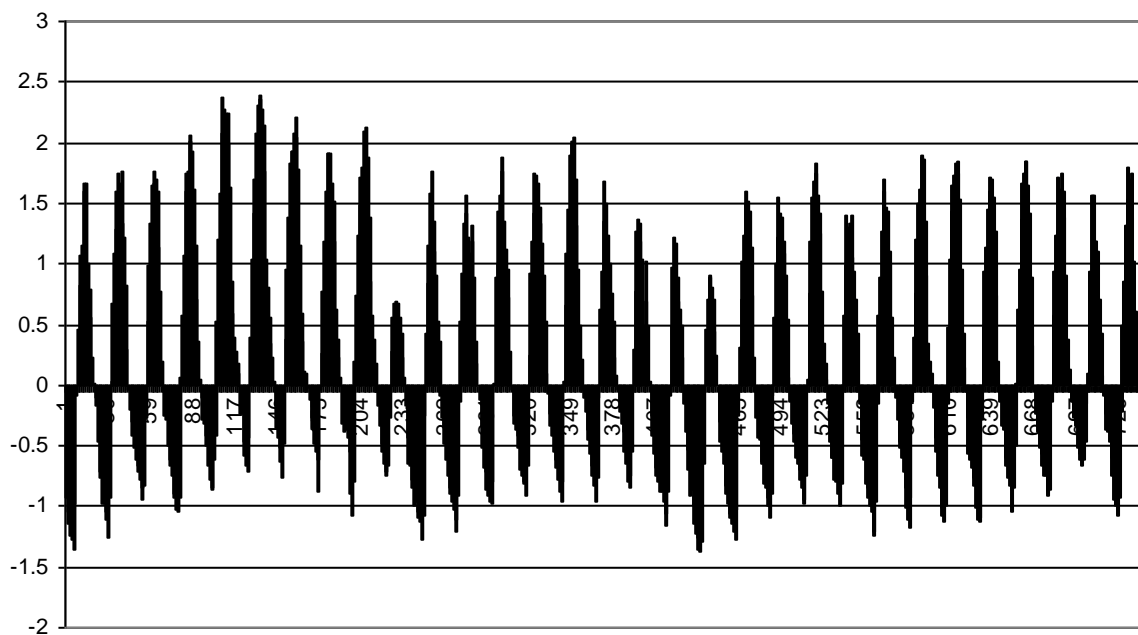
Véture = 0,5 clo (pantalon et chemise légère)

Vitesse d'air : 0,5 m/s (ventilateur plafonnier en fonctionnement à vitesse réduite)

PMV Scenario 3 : avec VMC hygiénique tout le jour



PMV scenario 5 : avec VMC forcée toute la journée



PMV Scenario 6 : avec VMC maximum tout le jour

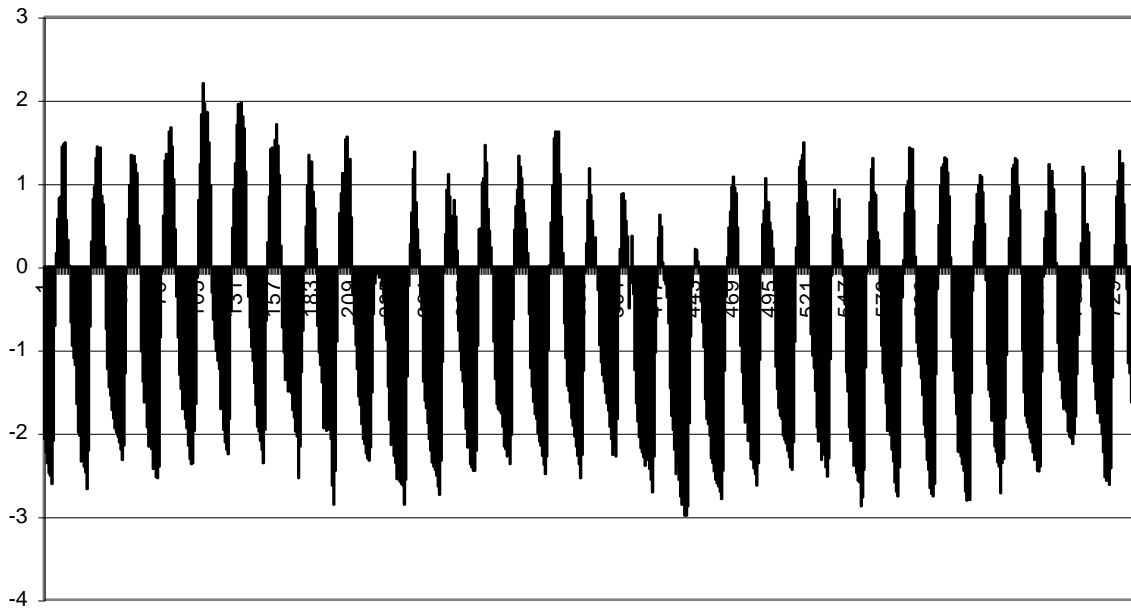


Figure 6-22: Evolution du PMV ( $v_{air} = 0,5 \text{ m/s}$ ) dans la zone commune sur toute la période été.

PMV Scenario 6 : avec VMC maximum

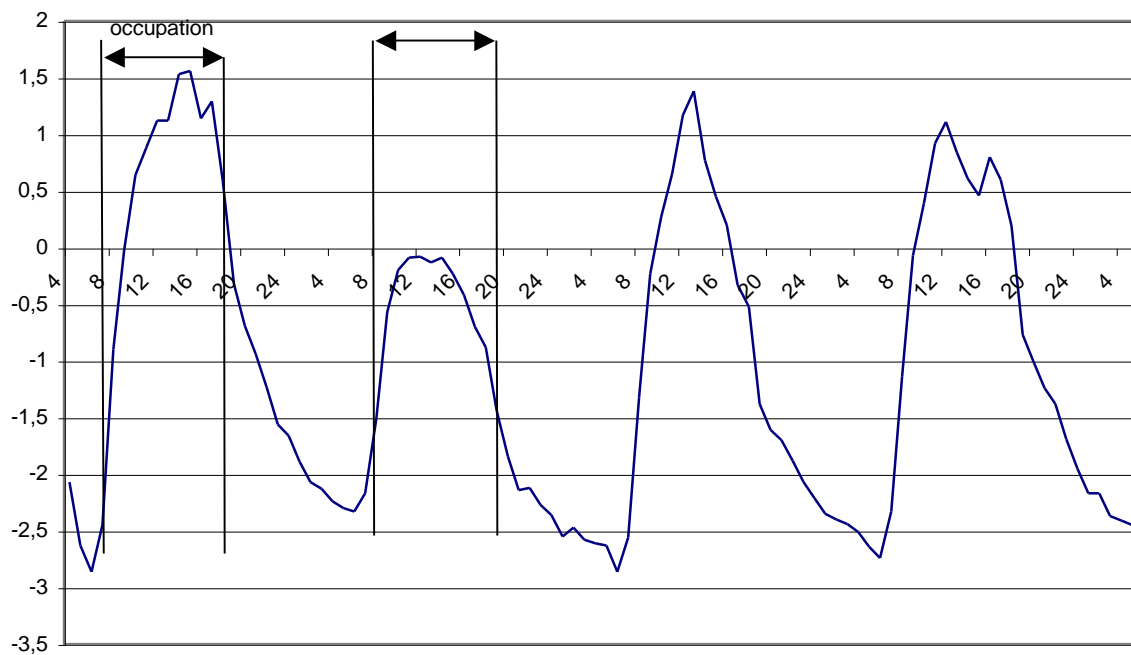


Figure 6-23 : Evolution du PMV ( $v_{air} = 0,5 \text{ m/s}$ ) zoomée sur quatre jours de la période été

### 6.6.3.4 Comparaison des solutions techniques

Les figures ci-dessous proposent de comparer les performances du bâtiment actuelle (version APD) au bâtiment modifié en étudiant l'évolution de la température résultante et du PMV en été. Les bâtiments comparés sont décrits dans le tableau ci-dessous :

description	Bâtiment	
	Version APD	Modifié
Vitrages	Simple	Avec protection solaire par store déroulant (pour les vitres ciblées au § 6.4.1.2.)
VMC	Hygiénique : 9000 m <sup>3</sup> /h	Max : 50000 m <sup>3</sup> /h
Vitesse d'air par brasseur plafonnier	-	V=0,1m/s V=0,5/s V=1m/s

Tableau 6-7 : Description des bâtiments comparés

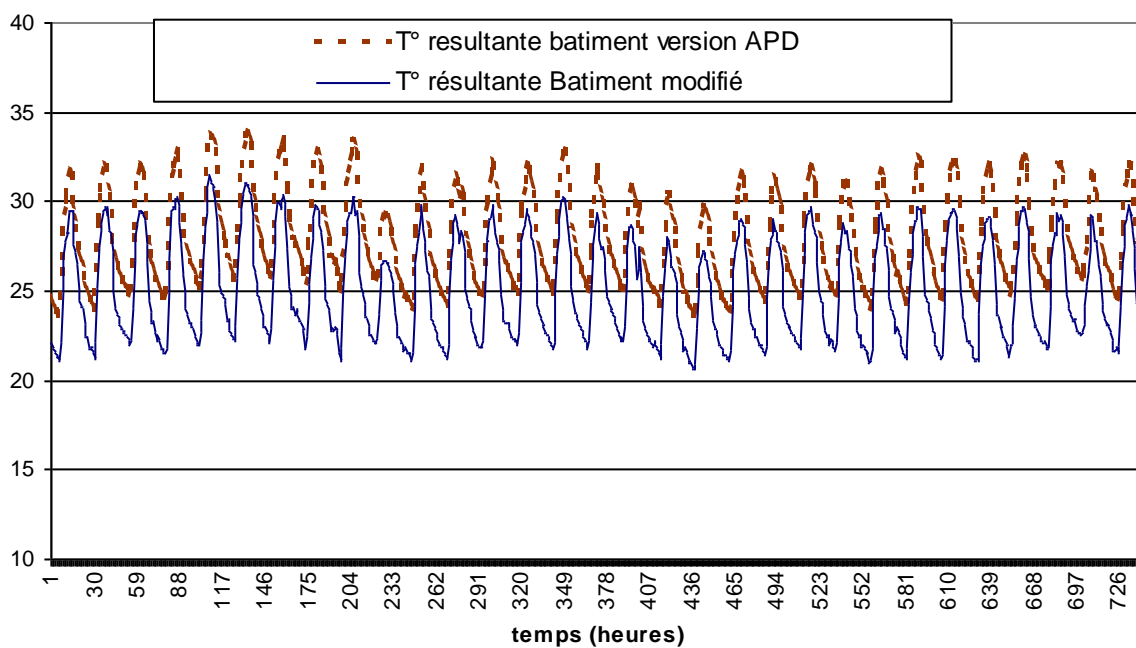


Figure 6-24 : Evolution de la température résultante en été pour le bâtiment version APD et le bâtiment modifié.

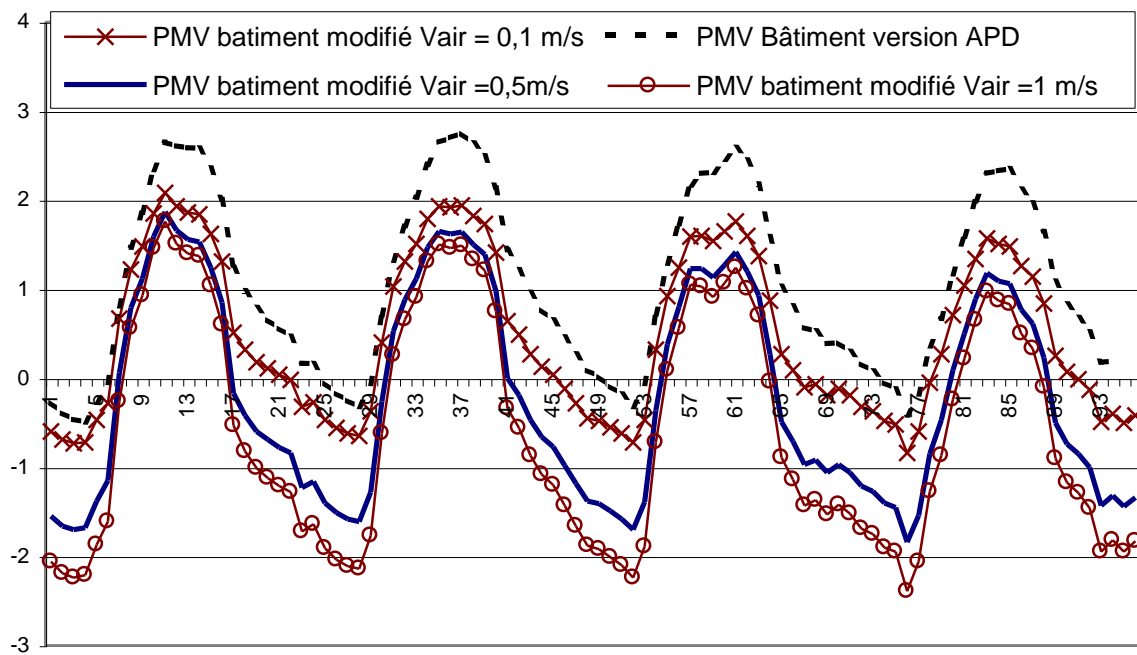


Figure 6-25 : Evolution du PMV en été pour le bâtiment version APD et le bâtiment modifié sur quatre jours.

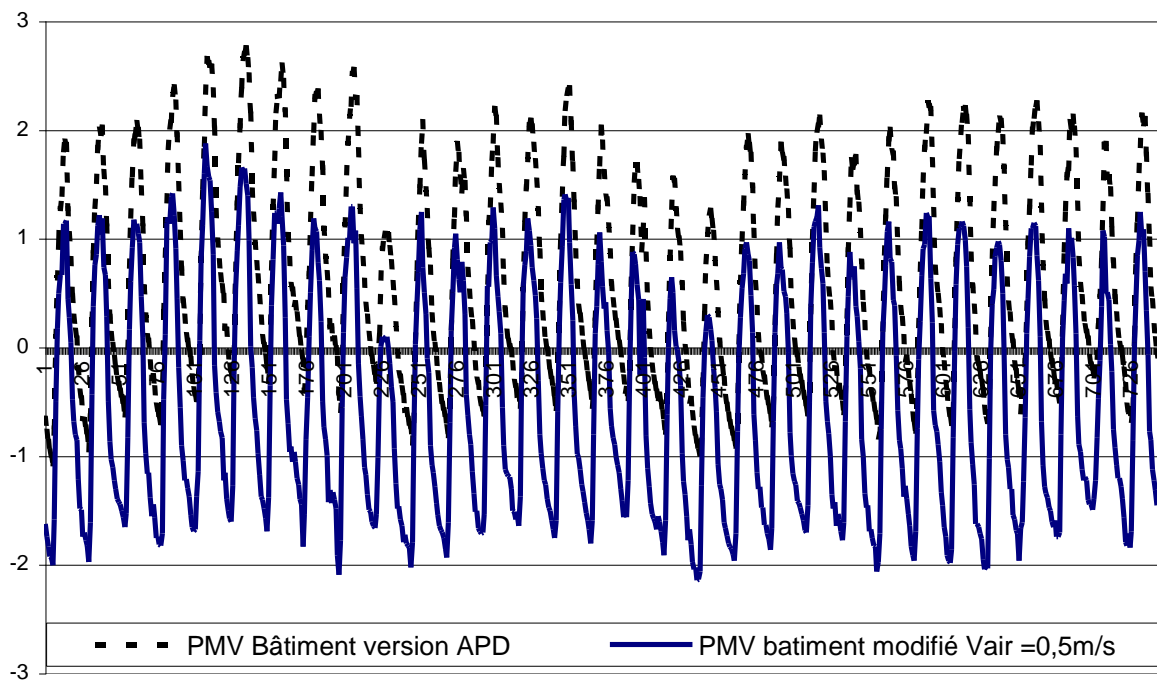


Figure 6-26 : Evolution du PMV en été pour le bâtiment version APD et le bâtiment modifié.

## Résumé de l'analyse des conditions de confort en été :

Il apparaît au vu des simulations que durant la période chaude, la température résultante est élevée dans la zone commune. Avec un débit de ventilation hygiénique de 9 000 m<sup>3</sup>/h la température dépasse 34°C. Celle-ci reste inférieure à 32°C si la VMC augmente à 50 000 m<sup>3</sup>/h.

Les diagrammes de confort permettent de justifier le recours aux ventilateurs plafonniers. Il est en effet nécessaire de faire varier la vitesse d'air entre 0,5 et 1 m/s pour atteindre les conditions de confort.

Dans le cas où la vitesse d'air est limitée à 0,5 m/s, l'indice PMV varie fortement en saison chaude. Les simulations montrent que très ponctuellement des valeurs de PMV proche de 2 peuvent être atteintes. Cependant il faut noter que la ventilation maximum (50 000 m<sup>3</sup>/h) permet d'améliorer sensiblement les conditions dans la zone en prenant en compte une vitesse d'air réglable entre (0,5 et 1 m/s) des ventilateurs plafonniers

## 7 SYNTHÈSE DES PRECONISATIONS

### 7.1 Administration

	Projet initial (APD)	Modifications proposées	Commentaires
<b>Conception thermique de l'enveloppe</b>			
Toiture	6 cm de fescoboard sur toiture terrasse.	12 cm de fescoboard au lieu des 6 cm initiaux.	<i>Pas d'impact notable au niveau de la température intérieure.</i>
Vitrages	Brises soleil horizontaux de 80 cm Joue verticales	Brises soleil filants de 80 cm. Pas de joue sur pour la salle de réunion Nord Ouest. Stores vénitiens intérieurs de qualité.	<i>Maintenir la joue gauche côté sud-ouest) pour le vitrage Nord Ouest de la salle de réunion. Pour les autres zones les joues ne sont pas nécessaire à condition d'avoir les stores persiennés mobiles de qualité (lames de 5 cm idéalement). avec système de blocage en partie basse.  Prévoir des brises soleil horizontaux filants. Ceux-ci doivent être disposés immédiatement au dessus des vitrages.</i>
Murs	Voiles bétons 16 cm sur façades	Isolation des murs	<i>L'isolation des murs n'apporte pas d'amélioration notable du confort.</i>
<b>Traitement de l'air</b>			
	Climatisation par split-système. Pas de chauffage.	Pas d'installation de climatisation Prévoir une VMC avec surventilation nocturne de 20h00 à 7h00. (1 vol hygiénique le jour et 20 vol hygiénique la nuit). Prévoir brasseurs d'air	<u>Période chaude :</u> <i>La surventilation abaisse la température intérieure de 4°C. Salle de réunion la plus chaude.  Conditions de confort atteintes avec surventilation et brasseurs d'air 100 % du temps.</i>  <u>Période froide :</u> <i>Sensation de froid de 8h00 à 9h00 les jours les plus froids de la période hiver. Température intérieure à 19°C à partir de 9h00.  VMC hygiénique à maintenir IMPÉRATIVEMENT le jour et la nuit pour éviter les problèmes de condensation en hiver.</i>
Risque de condensation			<i>Risques de condensation en hiver si la VMC hygiénique s'arrête la nuit. Risque de condensation principalement sur les vitrages des sanitaires.</i>

## 7.2 Zone commune

	Projet initial (APD)	Modifications proposées	Commentaires
<b>Conception thermique de l'enveloppe</b>			
Protection générale des vitrages	Brises soleil horizontaux	Stores intérieurs déroulant de couleur claire sur les vitrages identifiés au paragraphe 6.4.1.2.	La protection spécifique de certains vitrages permet de diminuer sensiblement les apports solaires et diminue d'environ 2°C la température de la zone.
Protection de la zone d'accueil	Sans	Stores intérieurs déroulant de couleur claire et (hauteur : 3.6m, longueur totale : 27m) sur les vitrages identifiés au paragraphe 6.4.1.4.	L'exposition au rayonnement direct à certaines heures de la matinée de la zone d'accueil risque de se traduire par une gêne du personnel. Une protection spécifique des vitrages concernés est à envisager.
<b>Traitement de l'air</b>			
Confort	VMC hygiénique de 9000 m <sup>3</sup> /h au total, soufflée à chaque niveau. Pas de climatisation Pas de chauffage.	Augmentation du débit maximum de la VMC à 50000m <sup>3</sup> /h et asservissement de son fonctionnement aux conditions intérieures de température. Le débit minimum de la VMC ne doit pas être inférieur à 9000m <sup>3</sup> /h.  Modification de la circulation de l'air pour travailler en extraction au dessus du patio afin d'extraire l'humidité dégagée par les plantes. Prévoir les entrées d'air en nombre suffisant à chaque niveau de la zone commune pour respecter les vitesses de circulation d'air maximum et le confort acoustique.	<u>Période chaude :</u> Les conditions de confort sont acceptables le plus souvent sous réserve de protéger les parois fortement ensoleillées et de maintenir un débit important de VMC. Ponctuellement certaines périodes chaudes (PMV>1,5) peuvent survenir (20 h environ sur le mois le plus chaud).  <u>Période froide :</u> Le débit hygiénique (9000m <sup>3</sup> /h) n'est pas suffisant pour assurer le confort en hiver. Aux heures chaudes de la journée un débit de 18000 m <sup>3</sup> /h est nécessaire.  La VMC doit être maintenue IMPERATIVEMENT le jour et la nuit pour éviter les problèmes de condensation en hiver.  Pour ajuster correctement les conditions de confort, il est impératif que le fonctionnement de la VMC soit asservi aux conditions intérieures.
Risque de condensation		Utilisation de la VMC jour et nuit avec un débit minimum de (18000m <sup>3</sup> /h).	Risques de condensation en hiver si la VMC hygiénique s'arrête la nuit. Risque de condensation principalement sur les vitrages et sur les murs.



---

# Annexes

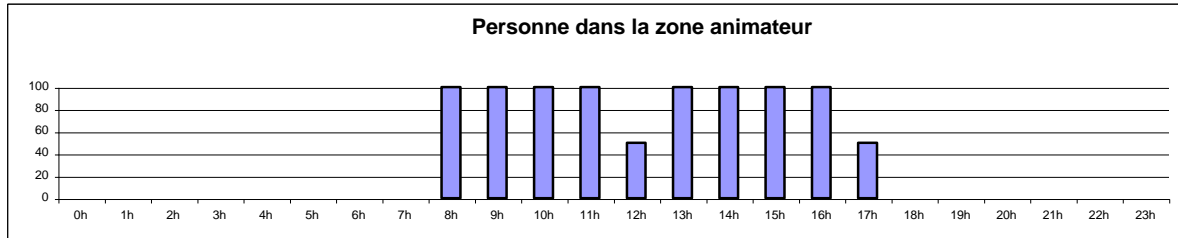
---

- Profils de charges internes pour les zones simulées
  - Occupants
  - PC
  - Eclairage

## Zone animateur

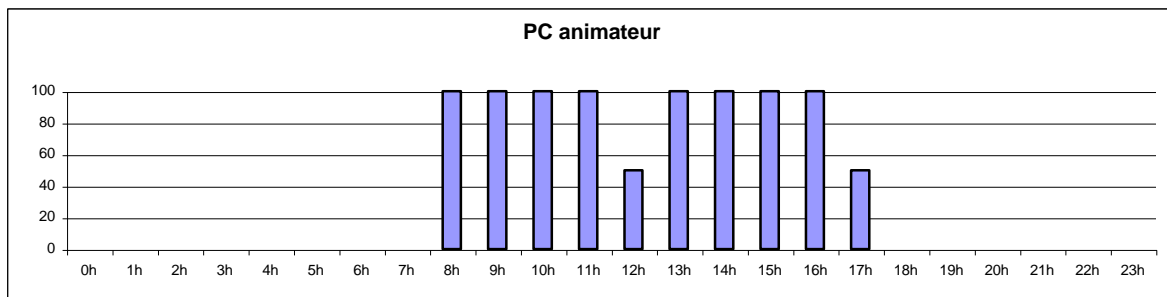
Personne dans Zone animateur

Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
4	78	66	0%	50%



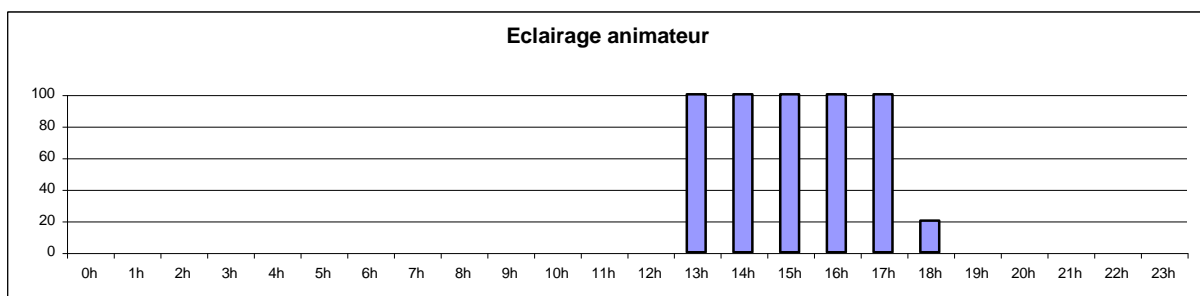
PC Zone animateur

Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
4	200	0	0%	10%



Eclairage Zone animateur

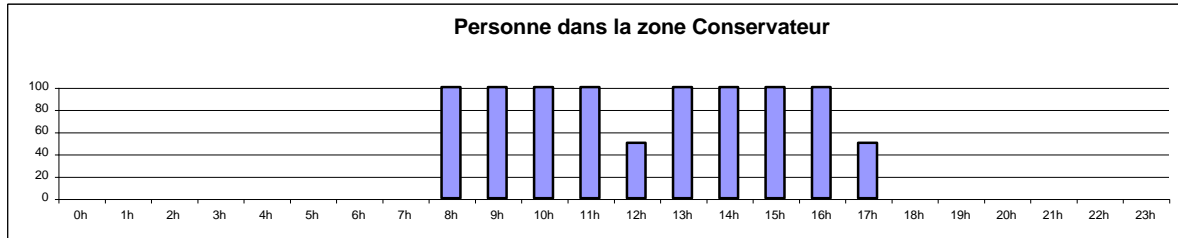
Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
1	680	0	10%	20%



## Zone Conservateur

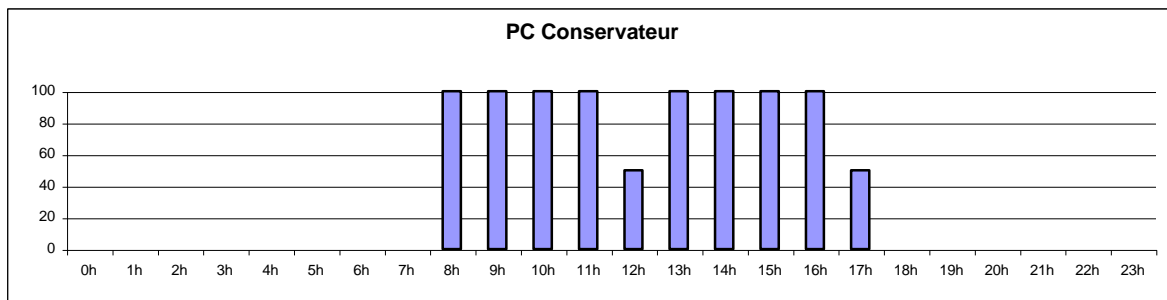
Personne dans Zone Conservateur

Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
1	78	66	0%	50%



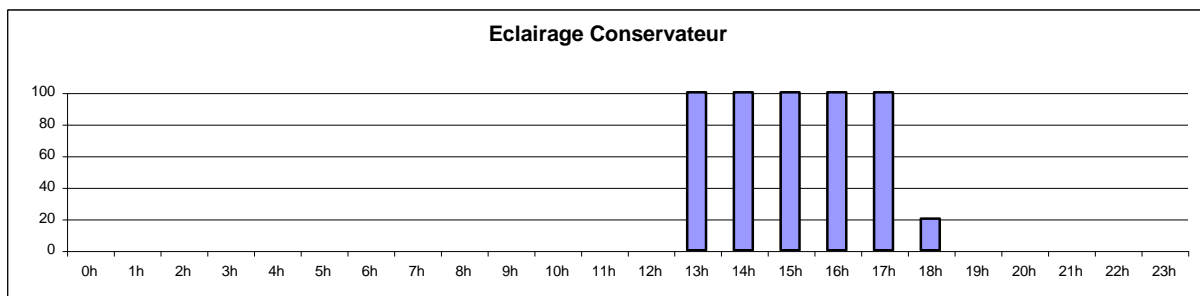
PC Zone Conservateur

Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
1	200	0	0%	10%



Eclairage Zone Conservateur

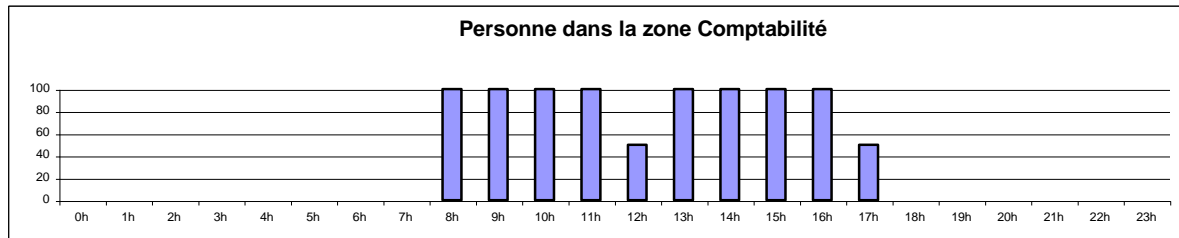
Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
1	234	0	10%	20%



## Zone Comptabilité

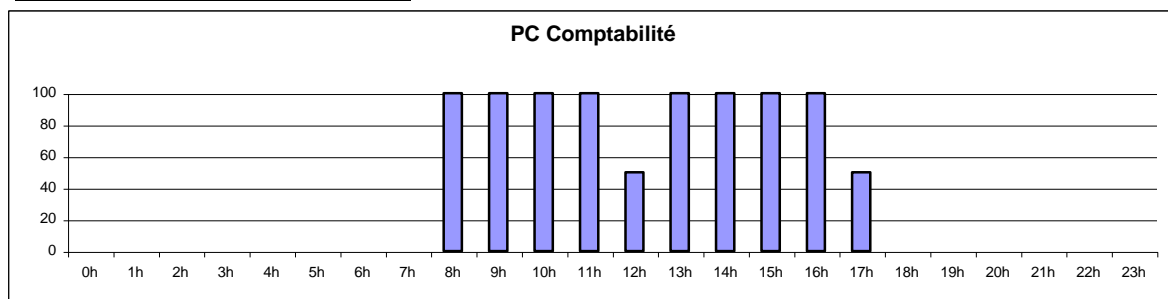
Personne dans Zone Comptabilité

Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
1	78	66	0%	50%



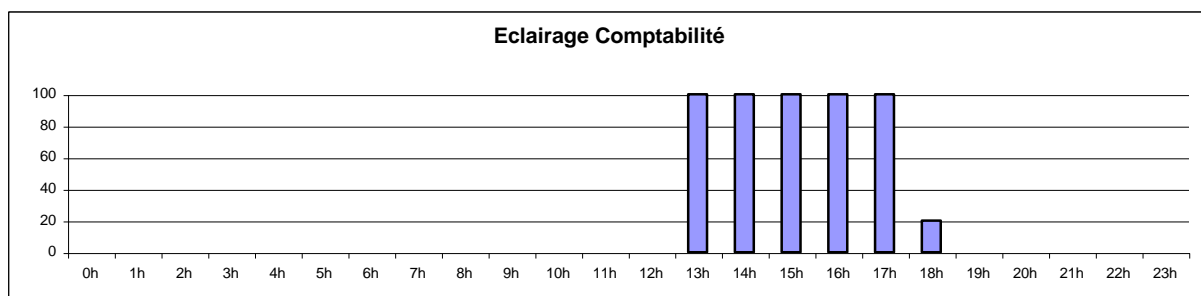
PC Zone Comptabilité

Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
1	200	0	0%	10%



Eclairage Zone Comptabilité

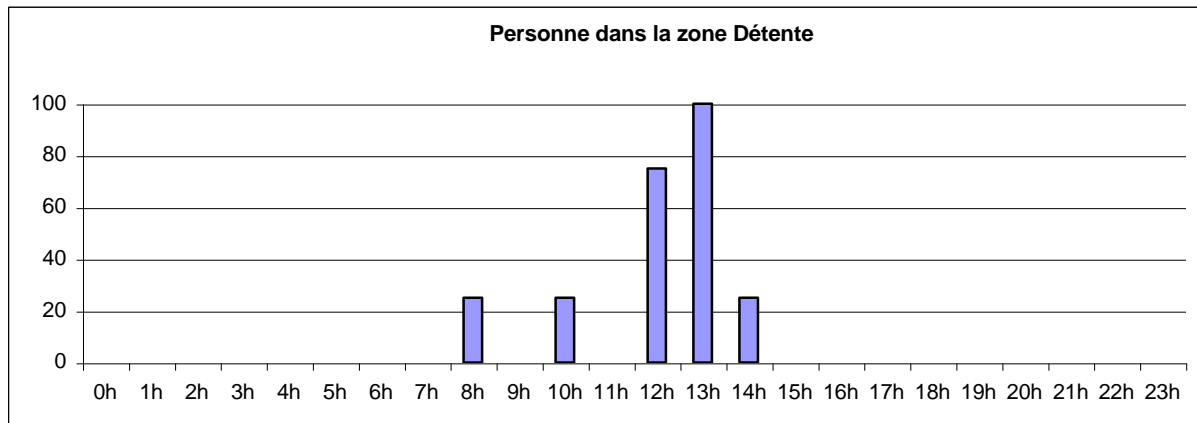
Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
1	150	0	10%	20%



## Zone Détente

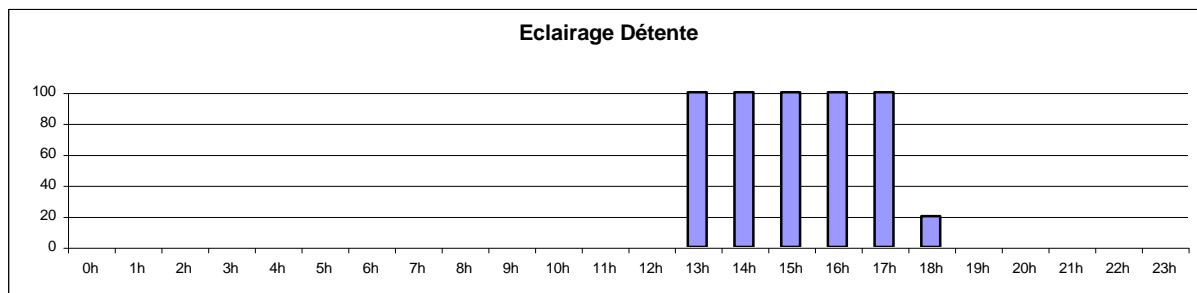
Personne dans Zone Détente

Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
5	78	66	0%	50%



Eclairage Zone Détente

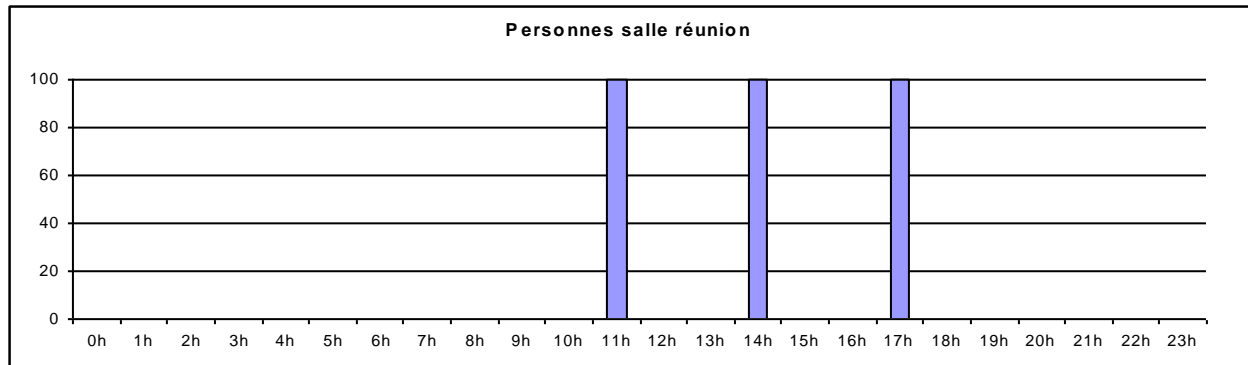
Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
1	150	0	10%	20%



## Salle Réunion

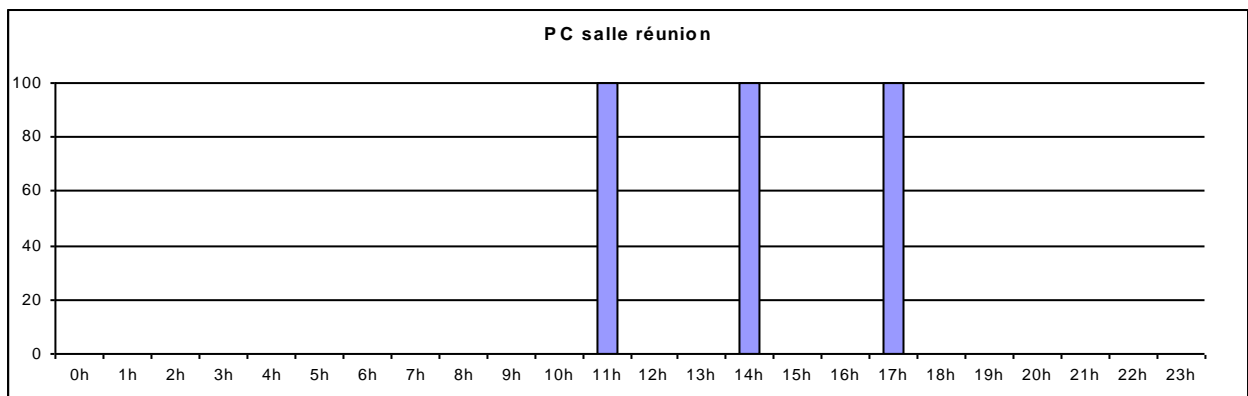
### Personnes Salle Réunion

Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
10	78	66	0%	50%



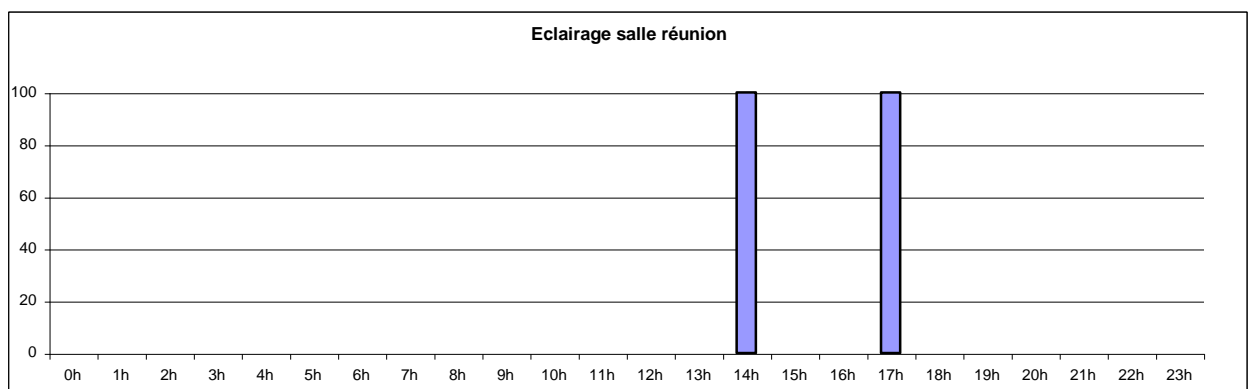
### PC Salle Réunion

Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
1	200	0	0%	10%



### Eclairage salle Réunion

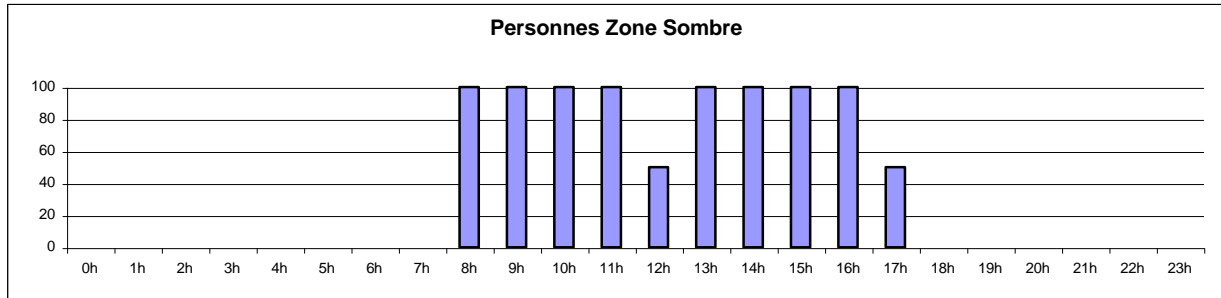
Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
1	330	0	10%	20%



## Zone Sombre

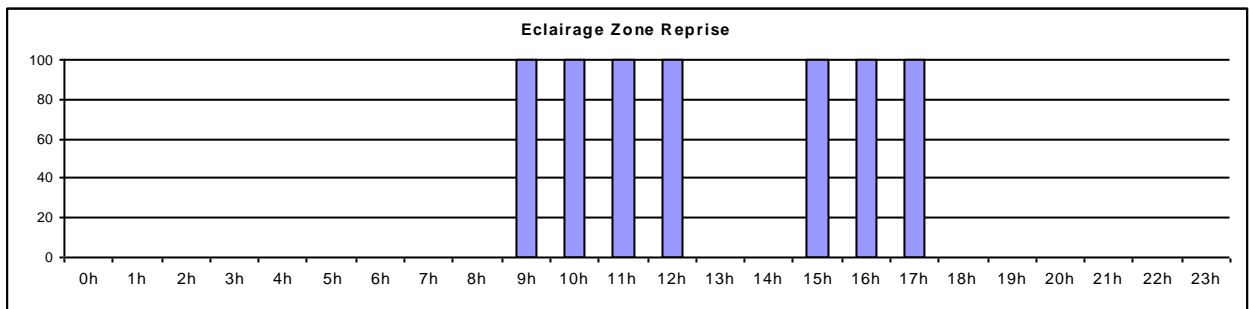
### Personnes Zone Sombre

Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
3	78	66	0%	50%



### Eclairage Zone Sombre

Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
1	150	0	10%	20%



### PC Zone Sombre

Nombre	P sens	P lat	CLO	GLO
1	200	0	0%	10%

